

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Konstrukce pneumatické upínky

Design of Air Clamp

Student:

David Grigarčík

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr. Ing Vladimír Mostýn

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky

Zadání bakalářské práce

Student: **David Grigarčík**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Téma: **Konstrukce pneumatické upínky**
Design of Air Clamp
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte a proveďte konstrukční řešení pneumatické upínky pro upínání obrobků s upínací silou 1 kN.
2. Navrhněte variantní řešení kinematické struktury upínky s důrazem na bezpečnost upnutí při výpadku tlaku média a vyberte optimální variantu.
3. Vybranou variantu rozpracujte do úrovně detailního 3D modelu, včetně kompletní výrobní výkresové dokumentace a specifikace nakupovaných komponent.
4. Pro jednotlivé součásti stanovte technologický postup výroby
5. Práci doložte v elektronické podobě ve formátu MS Word a souborů systému Creo.

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Kárník, L. *Servisní roboty*. 1. vydání Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2004. 144 s. ISBN 80-248-0626-6.
2. *Upínací technika zpracování plechu*[online]. [cit.20-11-2015].
<http://www.zamet.cz/files/files/katalog_zamet.pdf>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 16. 5. 2016


podpis studenta

Prohlášení o využití výsledků práce

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na mojí bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., - autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было с́еднано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- было с́еднано, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby

V Ostravě 16. 5 2016

Grigarčík

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

David Grigarčík

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Štěpánkovice
Hlavní 63
74728

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce panu prof. Dr. Ing. Vladimíru Mostýnovi za cenné rady, připomínky a poskytnuté konzultace v průběhu přípravy bakalářské práce. Děkuji také své rodině a všem těm, kteří mne po celou dobu mého studia morálně a finančně podporovali.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

GRIGARČÍK, D. Konstrukce pneumatické upínky: Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta Strojní, Katedra Robotiky, 2016, 72 s. Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Vladimír Mostýn.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem pneumatické upínky. V úvodu práce jsou popsány upínky, které se doposud vyskytují na trhu. Na základě požadavků na pneumatickou upínku, byly navrženy 3 varianty řešení, které je splňují. Pomocí hodnotové analýzy byla vybrána optimální varianta, která byla dále upravována do finální podoby. Dále je v práci popsána úprava stlačeného vzduchu a schéma pneumatického obvodu. Na závěr práce jsou zhotoveny výpočty na kontrolu čepů a technologický postup všech komponentů. V příloze najdeme výrobní dokumentaci. Na přiloženém CD je 3D model optimální varianty zpracovaný v programu Creo Parametric 2.0.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

GRIGARČÍK, D. Design of Air Clamp: Bachelor Thesis. Ostrava. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2016 72 p. The head of the thesis: prof. Dr. Ing Vladimír Mostýn.

The thesis deals with the structural design of pneumatic clamp. The introduction describes the clamps that are still on the market. Based on the requirements for the pneumatic clamp, there were suggested three possible solutions that they meet. With the help of the value analysis there was chosen the optimal variant, which was further revised into its final form. The work also describes the treatment of compressed air and pneumatic circuit diagram. In conclusion, both the calculations on the control pins and technological progress of all components have been made. Manufacturing documentation is attached. On the enclosed CD there is the 3D model of the optimal option created in Creo Parametric 2.0 program.

Obsah

1	Úvod	11
2	Základní rozdělení upínek	11
2.1	Manuální upínky	11
2.2	Elektrické upínky	12
2.3	Hydraulické upínky	13
2.4	Pneumatické upínky	14
2.5	Základní typy pneumatických upínačů	14
2.5.1	Kloubové upínky	14
2.5.2	Otočné upínky	15
2.5.3	Pákové upínky	15
2.5.4	Sílové upínky	16
3	Požadavkový list.....	16
4	Variety řešení.....	17
4.1	Varianta A	17
4.2	Varianta B	18
4.3	Varianta C	19
5	Schéma pneumatického obvodu	20
5.1	Úprava stlačeného vzduchu.....	21
5.1.1	Výroba a úprava stlačeného vzduchu [18]	22
5.1.2	Jednotka na úpravu vzduchu	22
6	Hodnotová analýza	24
6.1	Hodnoty kritérií.....	24
6.2	Hodnocení jednotlivých variant dle vybraných kritérií.....	25
6.3	Stanovení významnosti kritérií.....	26
6.4	Určení součinitelů významnosti kritérií	27
6.5	Výpočet vážených indexů variant	27
6.6	Závěr analýzy	29
7	Optimální varianta	30
7.1	Komponenty pneumatické upínky	31
8	Schéma.....	33
9	Výpočty	33
9.1	Výpočet síly působící na čep.....	33
9.2	Výpočet čepu.....	34
9.2.1	Z výpočtu na ohyb si vyjádříme průměr čepu.....	34
9.2.2	Výpočet čepu na smyk	35

9.2.3	Výpočet čepu na otláčení	35
9.2.4	Výpočet maximální síly na čep o průměru $\varnothing 10$	35
10	Náklady.....	36
11	Technologický postup komponentů.....	37
11.1	Základna.....	37
11.1.1	Volba materiálu	38
11.1.2	Volba typu pálení	39
11.1.3	Vrtání děr 13	39
11.1.4	Volba druhu ohýbání.....	39
11.1.5	Volba stroje	39
11.1.6	Volba nástroje	39
11.2	Podložka pod šroub.....	44
11.2.1	Volba materiálu	44
11.2.2	Volba typu pálení	45
11.2.3	Volba druhu ohýbání.....	45
11.2.4	Volba stroje	45
11.2.5	Volba nástroje	45
11.3	Podpěra.....	48
11.3.1	Volba materiálu	49
11.3.2	Volba typu pálení	49
11.3.3	Vrtání děr 10	49
11.3.4	Volba druhu ohýbání.....	50
11.3.5	Volba stroje	50
11.3.6	Volba nástroje	50
11.4	Tělo	53
11.4.1	Volba materiálu	54
11.4.2	Volba typu pálení	54
11.4.3	Vrtání děr 10 a 12.....	54
11.4.4	Volba druhu ohýbání.....	55
11.4.5	Volba stroje	55
11.4.6	Volba nástroje	55
11.5	Rameno doraz.....	59
11.5.1	Volba materiálu	59
11.5.2	Volba typu pálení	60
11.5.3	Vrtání děr 10	60

11.5.4	Volba druhu ohýbání.....	60
11.5.5	Volba stroje	60
11.5.6	Volba nástroje	60
11.6	Rameno se šroubem	64
11.6.1	Volba materiálu	64
11.6.2	Volba typu pálení	65
11.6.3	Vrtání děr 12	65
11.6.4	Volba druhu ohýbání.....	65
11.6.5	Volba stroje	65
11.6.6	Volba nástroje	65
12	Závěr	69
13	Použitá literatura.....	70
14	Seznam příloh	72

Seznam použitých zkratk a termínů

Značka	Význam	Jednotky
a	Délka ramene se šroubem	[mm]
b	Délka ramene od čepu 10x22	[mm]
b _p	Šířka plechu	[mm]
c	součinitel vyjadřující vliv tření ohýbané součásti o pevnou čelist se zřetelem na délku ramena	[-]
c _k	koeficient	[-]
d	Průměr čepu	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
f	Součinitel tření	[-]
F ₁	Přítlačná síla	[N]
F ₂	Síla působící na čep 10x22	[N]
F _{ou}	Ohýbací síla:	[N]
k	součinitel	[-]
L ₁	Délka obrobků	[mm]
L ₂	Šířka obrobků	[mm]
L _{1v}	Výsledná délka obrobků	[mm]
L _{2v}	Výsledná šířka obrobků	[mm]
L _p	Přídavek na pálení	[mm]
l _m	Rameno ohybu	[mm]
p ₁	Napětí působící na otláčení čepu	[MPa]
R	poloměr ohýbané součástí	[mm]
Re	Mez kluzu	[MPa]
r _m	Poloměr pevné čelisti	[mm]
R _{max}	Maximální poloměr ohybu	[mm]
R _{min}	Minimální poloměr ohybu	[mm]
r _p	Poloměr pohyblivé čelisti	[mm]
t	Tloušťka materiálu	[mm]
v _o	Vůle nástroje	[mm]
Z	Potřebný zdvih	[mm]
β	Úhel odpružení	[°]
ρ _D	Dovolené napětí v otláčení	[MPa]
σ _{DO}	Dovolené napětí v ohybu	[MPa]
τ _D	Dovolené napětí v smyku	[MPa]

1 Úvod

Strojírenství je rychle se rozvíjející odvětví, které vyžaduje neustálou výrobu různých součástí. Jestliže základními prioritami výroby je vysoká kvalita a nízká cena, musí být výroba co nejrychlejší. Ve výrobě je největší pracovní silou člověk. Jenomže člověk není stroj a při neustále se opakující činnosti ztrácí zájem a sílu při vykonávání činnosti.

Z těchto důvodů začíná čím dál tím více firem přecházet na polo automatizovanou nebo plně automatizovanou linku. Jestliže se bavíme o výrobě u polo automatizovaných linkách na CNC strojích, je nezbytnou součástí upínání obrobků pneumatické upínky. Výměna obrobků je díky pneumatickým upínkám rychlejší a jednodušší. Stačí zmáčknout tlačítko a pneumatické upínky se uvolní a my tak můžeme vyměnit hotový kus za nový a pak stačí jen zmáčknout tlačítko a upínky nám upnou kus a výroba může začít. Pneumatické upínky se nejvíce vyskytují u CNC strojích, neboť CNC stroj ke své činnosti potřebuje pneumatický obvod. Plně automatizovaná linka pro svou výrobu potřebuje průmyslový robot, který místo člověka vyměňuje kusy.

2 Základní rozdělení upínek

Tato kapitola se zabývá základním rozdělení upínek, které se v dnešní době vyskytují na trhu, a také úpravou stlačeného vzduchu, která je nezbytnou součástí každého pneumatického obvodu.

2.1 Manuální upínky

Manuální upínače jsou díky jednoduchosti konstrukce a velké upínací síle předurčeny pro rychlé a snadné upínání forem a nástrojů u lisů a při středně těžkém obrábění. Upínání probíhá díky metrickému šroubu nebo pomocí pákového mechanismu. DE-STA-CO je světovou jedničkou v oblasti inovací a technologií upínací techniky. DE-STA-CO nabízí široký výběr manuálních upínek. [1]

Základní typy manuálních upínačů [1]:

1) Vertikální, 2) Horizontální, 3) Přímé tlačené, 4) Upínky typu RAKO, 5) Přesné přímé upínky, 6) Uzavírací přezkové, 7) Upínací kleště, 8) Upínky typu CARVER



Obr. 2.1 Možnosti upínání upínek: a) pomocí metrického šroubu [2], b) pomocí páky [3]

2.2 Elektrické upínky

Elektrické upínky se upínají pomocí elektrického motoru. Tyto upínky se často nenacházejí ve výrobním odvětví. Novinkou v sortimentu upínací techniky je elektrický upínač typu PIVOT, který přišel na trh na podzim roku 2013. Tento upínač je vyráběn v jedné velikosti a můžeme jím nahradit pneumatické upínače s průměry válců 125/160/200 mm. Upínač se vyznačuje jednoduchým nastavením, proměnným otočným úhlem (více jak 360°), nižší hmotností, úsporou energie a výměnnými rameny. [4]



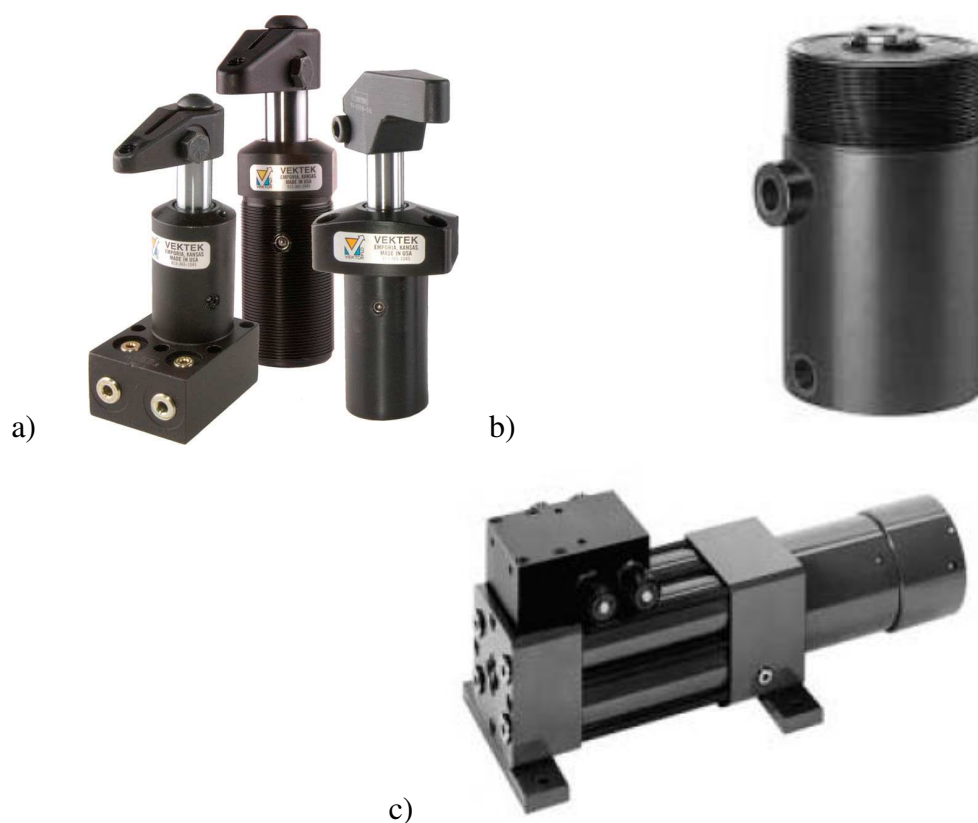
Obr. 2.2 Elektrická upínky typu Pivot [5]

2.3 Hydraulické upínky

Hydraulické upínky poskytují upínací řešení tam, kde jsou zapotřebí větší upínací síly v kombinaci s rychlým, opakovatelným a spolehlivým ovládáním. Hydraulický válec pohánějící tyto upínky je výhodný v tom, že nepotřebuje tak velké rozměry jako pneumatický. [6]

Základní typy manuálních upínačů:

- 1) Hydraulické upínky [7],
- 2) Hydraulické válce [8],
- 3) Hydraulické převodníky, čerpadla, konvertory a rozdělovače [9]



Obr. 2.3 Druhy hydraulických upínek: a) otočné, b) synchronní rozvaděče, c) válcové

2.4 Pneumatické upínky

Pneumatické upínače používají vzduchem ovládané válce pro aktivaci upínacího pohybu. Jsou ideální pro rychlé upnutí v opakovaných výrobních operacích. Přesto jsou přenosné a ekonomicky výhodné pro použití na kratší trvající práce s dočasným požadavkem fixace. [10] [11]

2.5 Základní typy pneumatických upínačů

2.5.1 Kloubové upínky

Kloubové upínky mají přímočarý pneumatický válec, který při vysunutí pohybuje s mechanismem upínky a ten přitlačí obrobek. Jde o klasický mechanismus, který se vyskytuje běžně v automatizovaných linkách.

Maximální tlak válce je 10 barů



Obr. 2.4 Kloubová pneumatická upínky [12]

2.5.2 Otočné upínky

Upínací část se před upnutí obrobku otočí o 90° a upne obrobek pevně ke stolu. Při uvolnění se nejdříve vysune píst a pak pootočí upínací část o 90° . Výhodou je, že při výměně obrobku nejsme nijak omezeni výškou upínky. [13]

- lineární upínací zdvih, 10 a 25 mm
- upínací síly od 96 po 1 170 N
- životnost několik milionů cyklů



Obr. 2.5 Otočná pneumatická upínka [14]

2.5.3 Pákové upínky

Jsou navrženy tak, aby fungovali na principu páky, kdy při výsunu válce se přitlačný mechanismus nakloní a zatlačí na obrobek. [15]

Tlak válce 5 barů



Obr. 2.6 Páková pneumatická upínka [15]

2.5.4 Sílové upínky

Sílové upínky nemají žádný upínací mechanismus, pouze jen přitlačnou desku, která tlačí na obrobek a tím ho znehybní. K sílovým upínkám je zapotřebí mít proti čelisti, které slouží jako doraz. [16]

Tlak válce 6 barů



Obr. 2.7 Sílová pneumatická upínka [16]

3 Požadavkový list

- Nízká hmotnost
- Nízká cena
- Oblast použití: **interiér, CNC stroje**
- Hmotnost zařízení: **$m_{MAX} = 3 \text{ kg}$**
- Síla upnutí: **1000 N**
- Pohon: **Pneumatický válec**
- Maximální rozměry: **340x100x190mm (d x š x v)**
- Prašné prostředí: **ANO**
- Mokrý prostředí: **ANO**
- Mastné prostředí: **ANO**
- Rozsah pracovní teploty: **15°C až 50°C**

4 Varianty řešení

Byly navrženy celkem tři různé varianty pneumatické upínky, které splňují požadavky určené v požadavkovém listu.

4.1 Varianta A

Popis varianty

Jedná se o lehkou a konstrukčně jednoduchou upínku, která se snadno dá připevnit ke stolu CNC stroje pomocí čtyř šroubů M8. Varianta má rozměry (d x š x v) 323 x 86 x 189 mm. Hmotnost upínky je velmi malá a tudíž se dá pneumatická upínka snadno přemístit, její hmotnost je 1,5 kg. Výhodou této upínky je samosvornost, takže pokud dojde k výpadku nebo poškození pneumatického obvodu, upínka nadále tlačí na obrobek, který se nám nemůže pohnout a tím nedojde ke kolizi. Samosvorná je tehdy, jestliže rameno se šroubem tlačící na obrobek, je kolmo k obrobku nebo svírá s ním menší úhel než 90°.

Pohon:

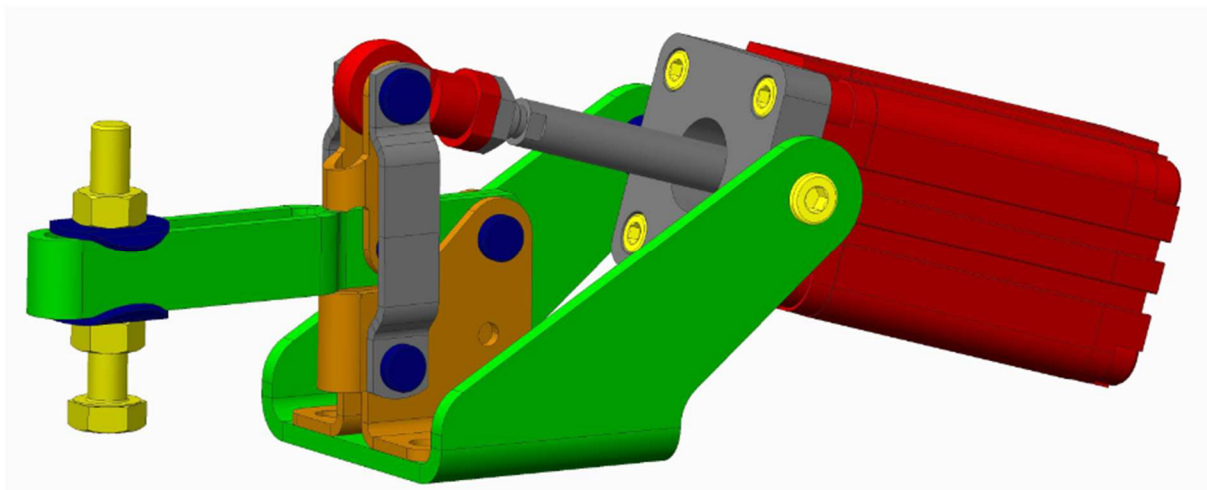
Dvojčinný pneumatický válec s jednou pístnicí ADVU 40x63

Výhody:

- Pneumatická upínka je samosvorná
- Upne obrobek do tloušťky 25 mm
- Nízká hmotnost 1,5 kg
- K připevnění pneumatické upínky ke stolu stačí 4 šrouby

Nevýhody:

- Samosvorná jen pokud dodržíme požadovaný úhel ramene
- Musí se k ní zakoupit rozvaděče pro zapojení na pneumatický obvod



Obr. 4.1 Pneumatická upínka varianta A

4.2 Varianta B

Popis varianty

Jedná se o podobný model jako varianta A, akorát má pár změn a pár různých popřípadě upravených komponentů. První změna je v umístění pneumatického válce, který není umístěn vodorovně, ale ve svislém směru. Hodí se proto k větším upínacím obrobkům o větších rozměrech, především v tloušťce. Rozměry varianty B jsou (d x š x v) 355 x 90 x 240 mm a hmotnost upínky je 1,55 kg. Abychom mohli upínku připevnit ke stolu, je zapotřebí mít přípravek, na který danou upínku přišroubujeme.

Pohon:

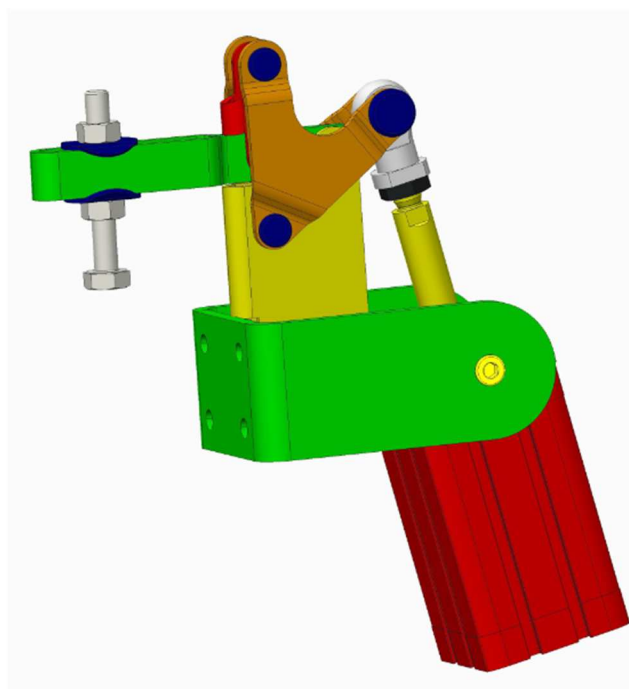
Dvojitý pneumatický válec s jednou pístnicí ADVU 50x70

Výhody:

- Pneumatická upínka je samosvorná
- Upne obrobek při větší Tloušťce než 25 mm
- Nízká hmotnost 1,55 kg

Nevýhody:

- Nutnost přípravku k připevnění upínky ke stolu CNC
- Musí se přišroubovat osmi šroubů M8
- Velký pneumatická válec
- Musí se k ní zakoupit rozvaděče pro zapojení na pneumatický obvod



Obr. 4.2 Pneumatická upínka varianta B

4.3 Varianta C

Popis varianty

Model varianty C se od ostatních variant liší tím, že upínací síla není kolmo k obrobku, ale ve vodorovné ose. Pneumatická upínka má podobný význam jako svěrák. Samozřejmě se dá touto variantou upínat obrobek i směrem dolů k CNC stroji, ale musíme vzít k úvahu to, že budeme potřebovat přípravek, který nám tuto možnost umožní. Rozměry varianty C jsou (d x š x v) 333 x 72 x 70 mm a hmotnost 1,52 kg.

Pohon:

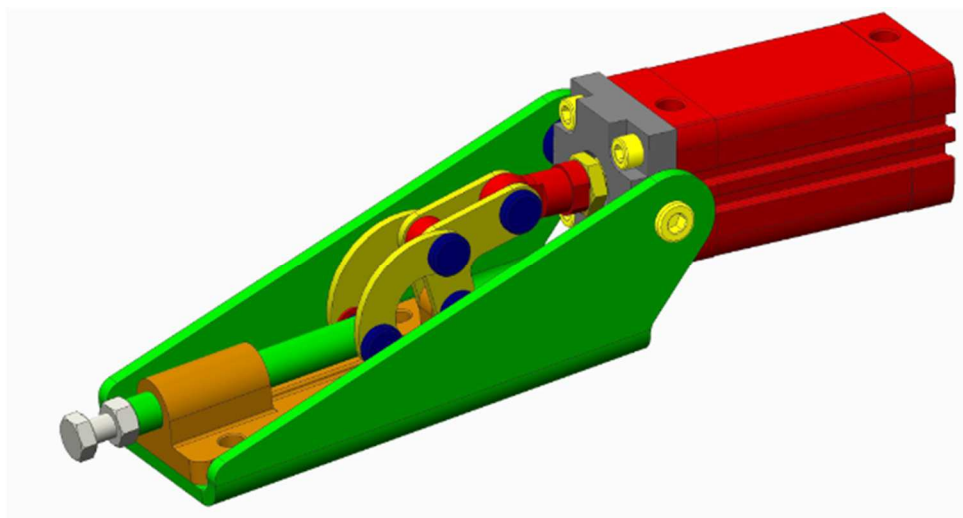
Dvojčinný pneumatický válec s jednou pístnicí ADVU 32x55

Výhody:

- Malý pneumatický válec
- Malé rozměry pneumatické upínky
- Samosvornost
- Nízká hmotnost

Nevýhody:

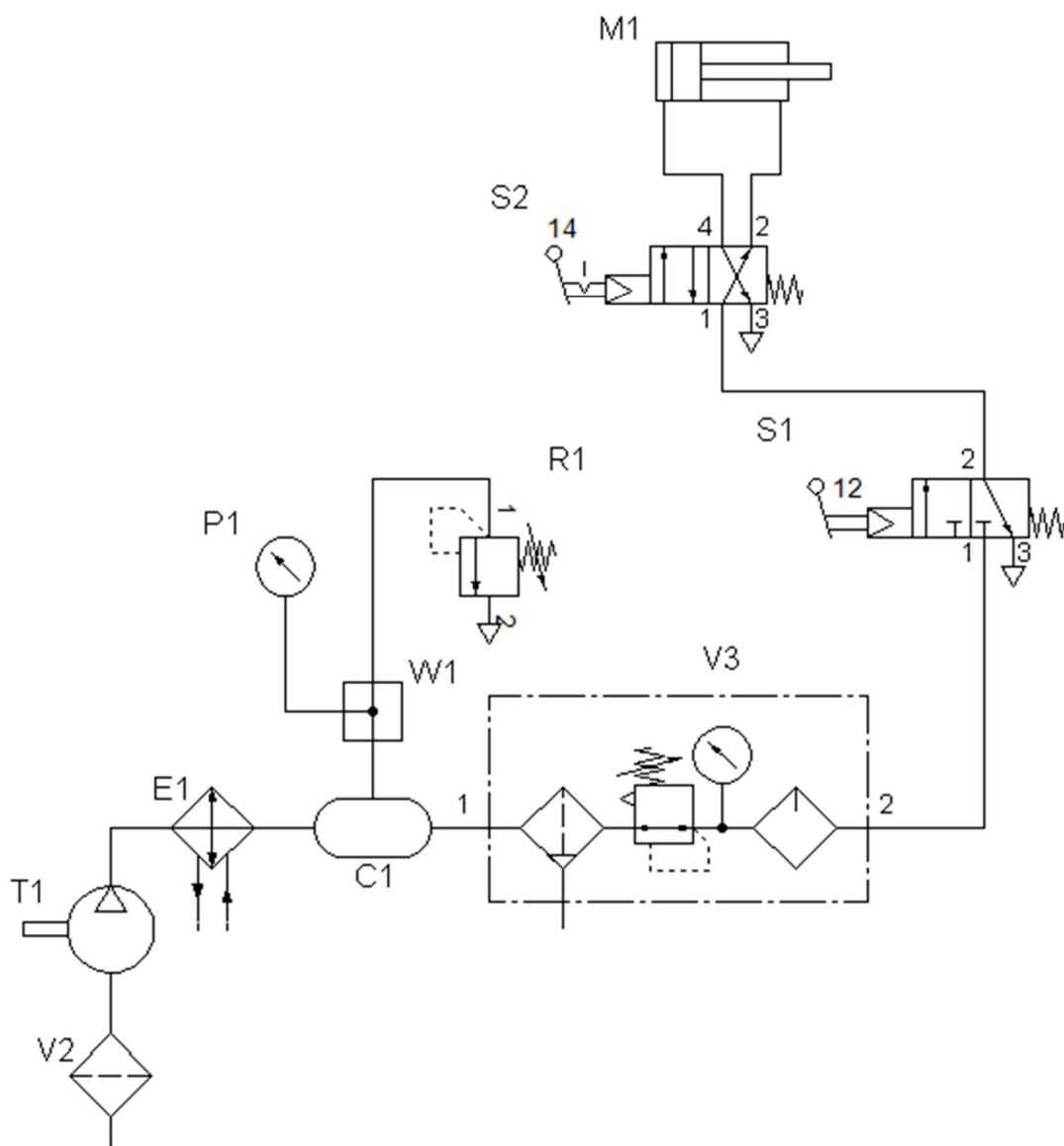
- Pro upínání obrobků kolmo ke stolu je zapotřebí přípravek



Obr. 4.3 Pneumatická upínka varianta C

5 Schéma pneumatického obvodu

Jedná se o pneumatický obvod složený z 10 komponentů (obr. 5.1). Na vstupu je hrubý filtr (V2), který zachycuje větší částice nečistot vzduchu. Kompresor (T1) nasává a stlačuje vzduch, který dále proudí do zásobníku (C1). Mezi kompresorem a zásobníkem se nachází chladič, ten ohřátý stlačený vzduch chladí pomocí vody. Na zásobník je napojen manometr (P1), který měří tlak a regulátor (R1), ten reguluje tlak v zásobníku a brání k jeho přetlakování a následnému poškození. Ze zásobníku stlačený vzduch dále prochází jednotkou úpravy vzduchu (V3), kde se stlačený vzduch zbaví nežádoucích částic nečistot jako je např. (rez, špony, voda) a do stlačeného vzduchu stříkne jemné kapičky oleje. Stlačený vzduch je vpouštěn do pneumatického válce (M1) dvěma rozdělovači. Jde o rozdělovač třicestný dvoupolohový 3/2 (S1) a rozdělovač čtyřcestný dvou polohový 4/2 (S2).



Obr. 5.1 Schéma pneumatického obvodu

5.1 Úprava stlačeného vzduchu

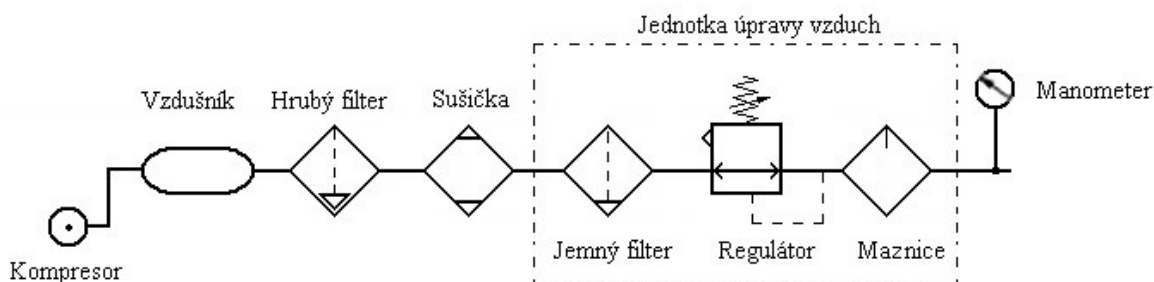
Do kompresoru společně s atmosférickým vzduchem vstupují i pevné částice nečistot a vodní pára. Kompresor pracující při tlaku 7 barů sice okolní vzduch stlačuje na 1/8 svého předchozího objemu, ale přitom vzduch obsahuje stejné množství nečistot. Díky úpravě stlačeného vzduchu zvyšujeme životnost svých komponentů systému a navíc zabráňujeme ke snížení cenné energie. [17]

Nečistoty získané z [17]:

- Okolí
- Opotřeбенých dílů
- Potrubí

5.1.1 Výroba a úprava stlačeného vzduchu [18]

Kompresor přeměňuje mechanickou energii na energii tlakovou, kterým je stlačený atmosférický vzduch. Stlačený vzduch se shromažďuje v zásobníku. Abychom mohli stlačený atmosférický vzduch používat, musí se nejdříve upravit. Až 90% všech poruch pneumatických prvků připadá na nedokonale upravený stlačený vzduch, který obsahuje částice nečistot a tím poškozuje jednotlivé komponenty. Většinou se používá centrální výroba a úprava stlačeného vzduchu, který se pak na jednotlivé pracoviště rozvádí pomocí spádového potrubí. Spádové potrubí se provádí kvůli kondenzované vodě, která musí být odváděna.



Obr. 5.2 Výroba stlačeného vzduchu a jeho úprava [18]

5.1.2 Jednotka na úpravu vzduchu



Šířka:	40 mm
Přípustný napájecí tlak:	14 barů
Provozní teplota:	-10 až 60 °C
Průtok LFR qnN:	1,700 l/min
Velikosti připojení:	G1/8, 1/4 , 3/8

Obr. 5.3 Jednotka úpravy stlačeného vzduchu s Nano-Mlhy technologií [19] [20]

Maznice

Hraje důležitou roli při zajišťování životnosti pneumatických komponentů. Mazání udržuje pneumatické komponenty v dobrém technickém stavu. Olej, který se stříká do stlačeného vzduchu, snižuje tření mezi pohybujícími se povrchy a tím minimalizuje opotřebení.



Pracovní tlak:	0 až 10 barů
Velikost přístroje:	0, 1 a 2
Připojení:	G1/4, G3/8 a G1/2
Průtok:	1400 NI/min 4400 NI/min 7000 NI/min

Obr. 5.4 Maznice jednotky úpravy vzduchu [21]

Filtr

Brání částicám nečistot, aby se dostala do pneumatického obvodu a poškozovala pneumatické komponenty. Filtr zachycuje malé nečistoty jako je rez, prach, kousky špon nebo také přebytek oleje a vodní páry.



Obr. 5.5 Vzduchové filtry [22]

Regulátor

Kontroluje tlak stlačeného vzduchu, jeho velikost je znázorněná na analogovém manometru.



Maximální tlak: 8 barů

Připojení: 1/4"

Obr. 5.6 Regulátor jednotky úpravy vzduchu [23]

6 Hodnotová analýza

Pro výběr optimální varianty, musí být navržené varianty porovnány mezi sebou pomocí hodnotové analýzy. Jednotlivé navržené varianty budou porovnány na základě zvolených kritérií a jejich významnosti.

6.1 Hodnoty kritérií

Hodnocení probíhá podle stupnice: nepříznivý stav (1) až vysoká úroveň (6) (viz. Tab. 6.1)

Tab. 6.1 Hodnoty kritérií

Hodnoty kritérií	
6	Vysoká úroveň
5	Dobrá úroveň
4	Průměrná úroveň
3	Nízká úroveň
2	Nevyhovující úroveň
1	Nepříznivý stav

Navržené varianty budou porovnány dle kritérií (viz. Tab. 6.2)

Tab. 6.2 Kritérií hodnocení

Označení	Varianta 1.	Charakteristika kritéria
K1	Hmotnost	Hmotnost kompletní upínky
K2	Rozměry	Rozměr upínky při otevření a uzavření
K3	Počet uchycovacích šroubů	Počet šroubů, které potřebujeme k upnutí pneumatické upínky ke stolu CNC
K4	Použitelnost	K jakému způsobu upínání se využije upínka a k jejímu budoucímu potenciálu
K5	Výroba	Složitost výroby dané varianty

6.2 Hodnocení jednotlivých variant dle vybraných kritérií

Charakteristiky každé z variant dle vybraných kritérií jsou uvedeny v tab. 6.3

Tab. 6.3 Charakteristika variant

Varianta	Varianta 1.	Varianta 2.	Varianta 3.
K1	1,5	1,55	1,52
K2	323x86x189	355x90x240	333x72x70
K3	4	8	6
K4	Obrobek s rovnou plochou a tloušťkou 27mm	Obrobek s rovnou plochou, ale musí se použít přípravek	Obrobek s dvěma rovnoběžnými stranami
K5	Jednoduchá (23ohybů)	2 složité součásti (27 ohybů)	1 složitá součást (2 ohyby)

V tab. 6.4 je uvedeno celkové hodnocení variant dle stupnice (tab. 6.1)

Tab. 6.4 Hodnocení variant

Varianta	Varianta 1.	Varianta 2.	Varianta 3.
K1	5	4	3
K2	5	3	6
K3	6	2	4
K4	6	4	5
K5	5	4	6

6.3 Stanovení významnosti kritérií

Hodnocení významnosti kritérií je znázorněno ve stupnici: nízká úroveň (1), vysoká úroveň (2) (viz. Tab. 6.5)

Tab. 6.5 Významnost kritérií

Významnost kritérií	
2	Vysoká úroveň
1	Nízká úroveň

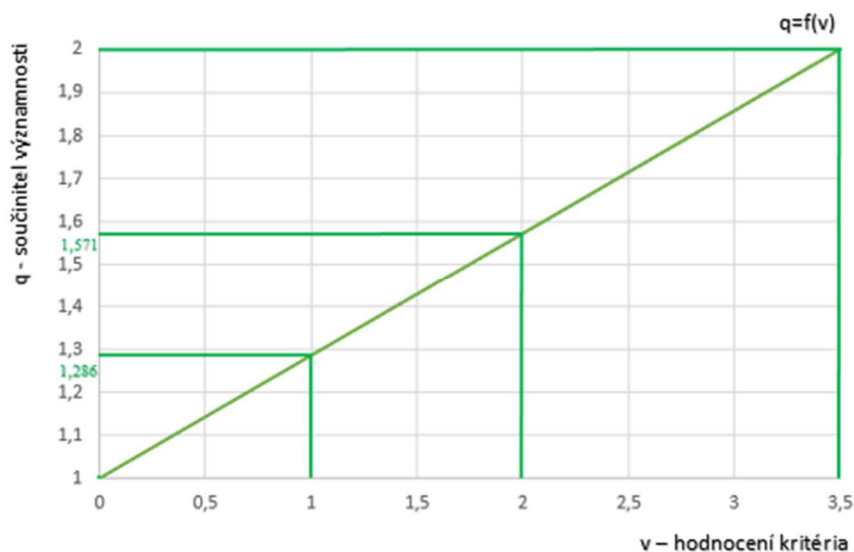
Jednotlivá kritéria byla mezi sebou porovnána pro určení jejich významnosti (viz. Tab. 6.6)

Tab. 6.6 porovnání kritérií

Porovnávané páry kritérií				Počet voleb v	Pořadí
K1	K1	K1	K1	2	2
K2	K3	K4	K5		
	K2	K2	K2	1	3
	K3	K4	K5		
		K3	K3	0	4
		K4	K5		
			K4	3,5	1
			K5	3,5	1

6.4 Určení součinitelů významnosti kritérií

Koeficient významnosti kritérií (viz. Tab. 6.7) byly určeny pomocí grafu (obr. 6.1)



Obr. 6.1 Určení součinitelů významnosti kritérií

Tab. 6.7 Součinitel významnosti kritérií

Označení kritéria	Váha významnosti
K1	1,571
K2	1,286
K3	1
K4	2
K5	2

6.5 Výpočet vážených indexů variant

Pro každou variantu byly vypočítány sumy (tab. 6.8, 6.9, 6.10) vážených indexů všech kritérií dle vzorce 6.1. Optimální varianta je pak ta, která má největší hodnotu sumy vázaných indexů kritérií.

$$\sum S_{ij} = \sum (I_{ij} \cdot q_{ij}) \quad (6.1)$$

S_{ij} je vážený index j-tého kritéria (A-1, B-2, C-3) i-té varianty, I_{ij} je index změny j-tého kritéria i-té varianty, q_{ij} je váha významnosti kritéria j-tého kritéria i-té varianty.

Tab. 6.8 Součet vážených indexů kritéria varianty A

Kritérium	Varianta A			
	Hodnocení	Váha významnosti kritéria q_{ij}	Index změny I_{ij}	Vážený index
K1	5	1,571	5	7,855
K2	5	1,286	5	6,43
K3	6	1	6	6
K4	6	2	6	12
K5	5	2	5	10
Součet vážených indexů kritéria				42,285

Tab. 6.9 Součet vážených indexů kritéria varianty B

Kritérium	Varianta B			
	Hodnocení	Váha významnosti kritéria q_{ij}	Index změny I_{ij}	Vážený index
K1	4	1,571	4	6,284
K2	3	1,286	3	3,858
K3	2	1	2	2
K4	4	2	4	8
K5	4	2	4	8
Součet vážených indexů kritéria				28,142

Tab. 6.10 Součet vážených indexů kritéria varianty C

Varianta	Varianta C			
	Hodnocení	Váha významnosti kritéria q_{ij}	Index změny I_{ij}	Vážený index
K1	3	1,571	3	4,713
K2	6	1,286	6	7,716
K3	4	1	4	4
K4	5	2	5	10
K5	6	2	6	12
Součet vážených indexů kritéria				38,429

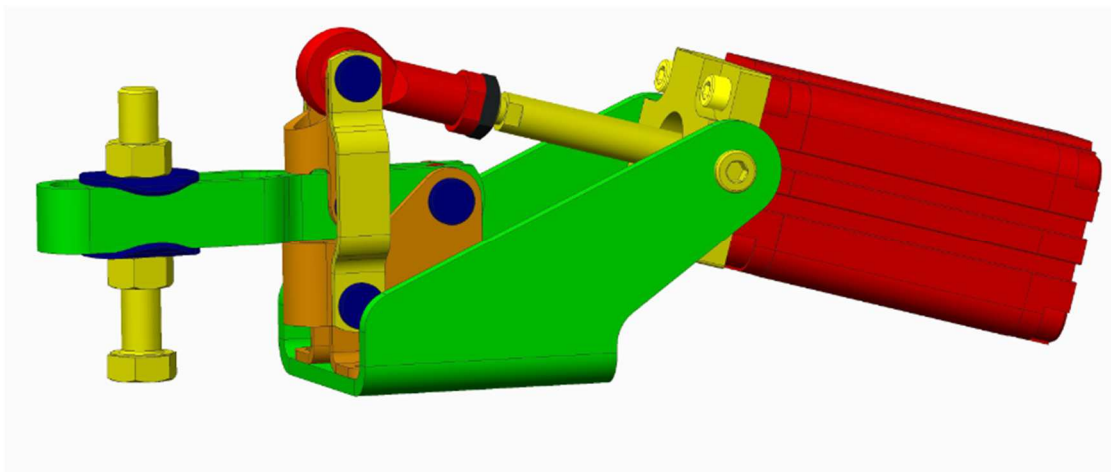
Tab. 6.11 Vyhodnocení hodnotové analýzy

Varianta	Součet vážených indexů	Pořadí
Varianta A	42,285	1.
Varianta B	28,142	3.
Varianta C	38,429	2.

6.6 Závěr analýzy

K výběru optimální varianty byla použita Hodnotová analýza. Z tab. 6.11 vyplývá, že jako optimální varianta se jeví varianta A, protože dosáhla největšího součtu vážených indexů kritéria.

7 Optimální varianta

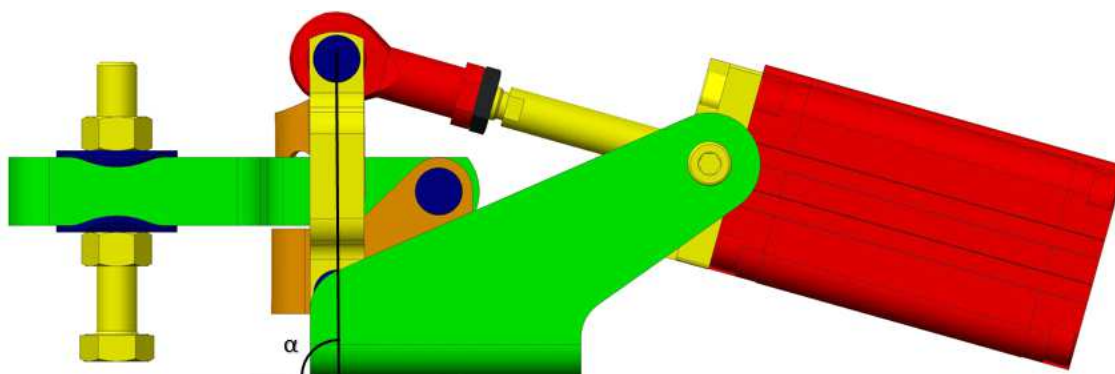


Obr. 7.1 Pneumatická upínka v uzavřeném stavu

Na obr. 7.1 vidíme optimální variantu v uzavřeném stavu. Upínka byla nadále upravována, její rozměry jsou (d x š x v) 329 x 80 x 107mm. Hmotnost upínky je nadále nízká, změnila se jen o pár gramů. Výsledná hmotnost je 1,6 kg. Původní pneumatický válec byl vyměněn za dvojčinný s jednou pístnicí ADVU 40x65.

Optimální varianta je samosvorná, takže při výpadku pneumatického obvodu nemůže dojít k uvolnění obrobku a následné havárii. Aby byla pneumatická upínka samosvorná, musí být dodržen úhel α , který je menší než 90° .

Na obr. 7.2 je znázorněn úhel, který je zapotřebí dodržet, jinak pneumatická upínka nebude samosvorná.



Obr. 7.2 Znázorněn úhel, který je zapotřebí dodržovat

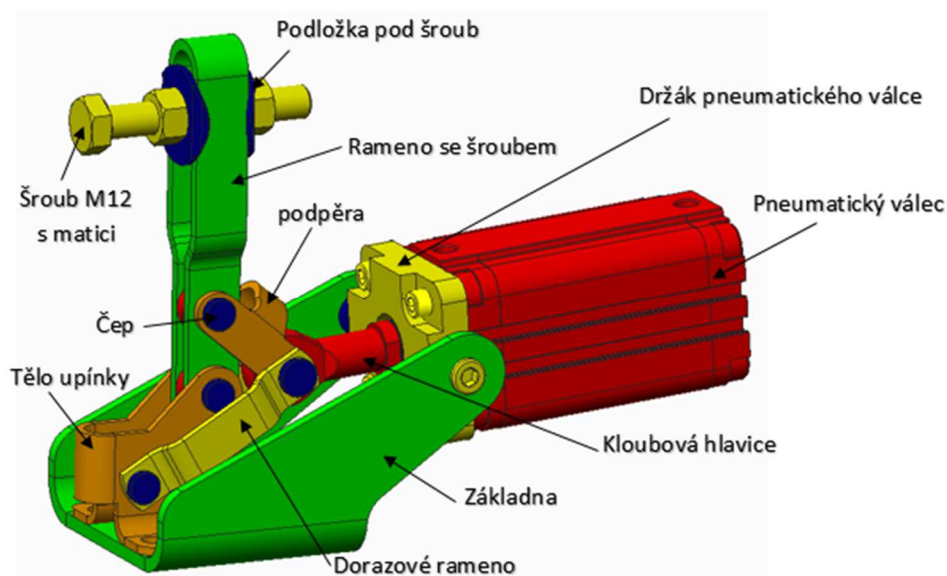
7.1 Komponenty pneumatické upínky

Pneumatická upínka se skládá z:

- Osmi ohýbaných plechů
- Pneumatického válce
- Kloubové hlavice
- Držáku pneumatického válce
- Čepů
- Pojistných kroužků
- Podložek
- Kluzných pouzder

Hlavní část celé upínky tvoří plechové komponenty. Tyto komponenty se vyrábí z různých tlouštěk plechů na **CNC Laserové řezačce**. Laserová řezačka je nejvýhodnější, neboť dokáže řezat s velkou přesností až 0,1 mm, rychlostí a má hladký řez.

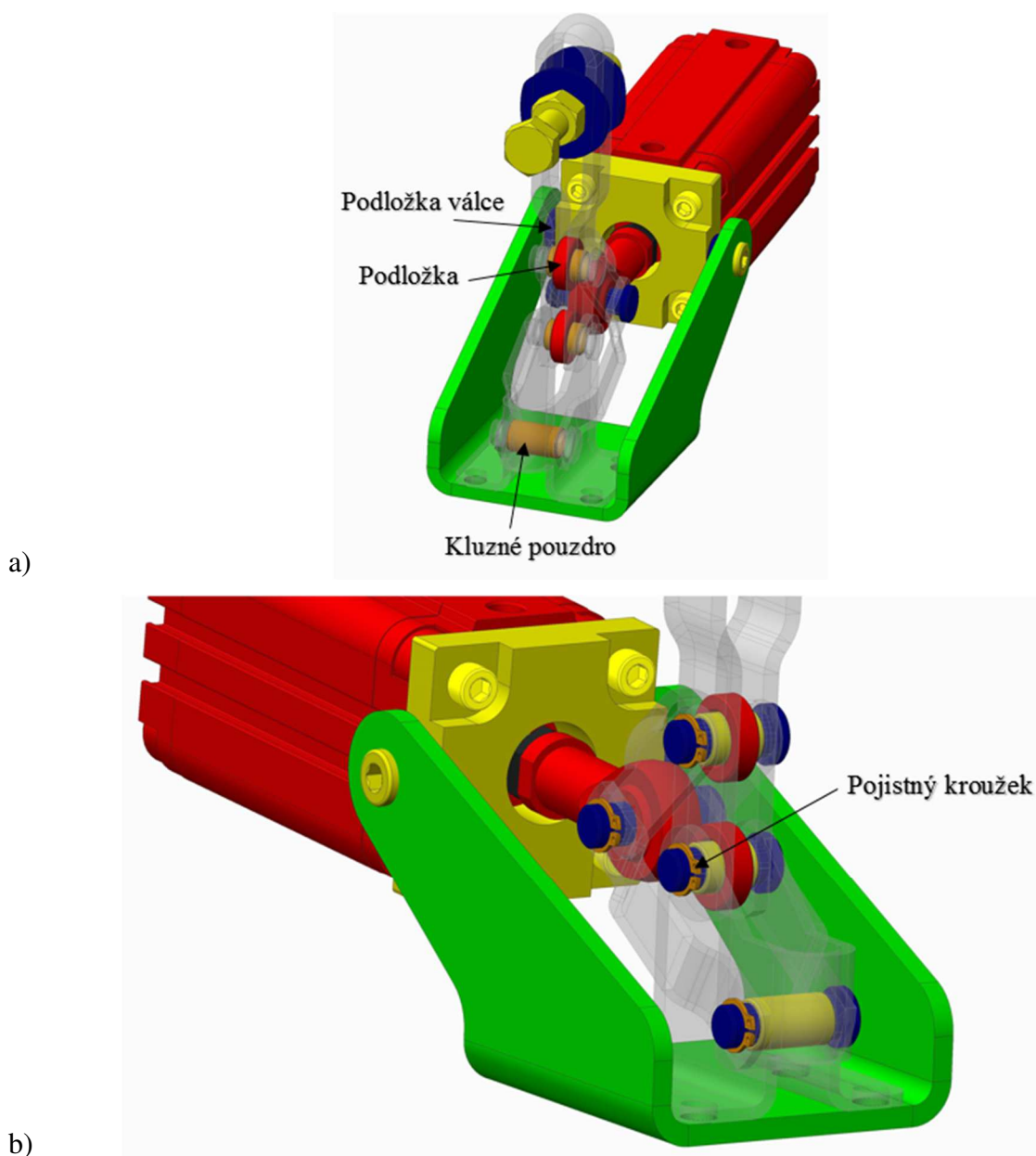
Na obr. 7.3 jsou znázorněny komponenty, ze kterých se pneumatická upínka skládá.



Obr. 7.3 Pneumatická upínka v otevřeném stavu

Od firmy **FESTO** byl použit dvojčinný pneumatický válec s jednou pístnicí **ADVU 40x65** a kloubová hlavice s vnitřním závitem M10.

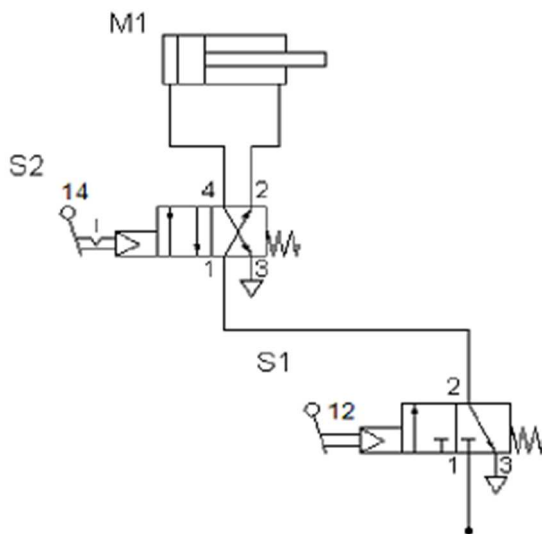
V kloubech pneumatické upínky jsou čepy, které drží všechny komponenty pospolu. V místech největšího ohybu čepů je umístěno kluzné pouzdro, které vyztuží čep a nedojde k jeho ohybu a taky zvětší plochu v místech otláčení (viz. Obr. 7.4) V ramenu se šroubem je umístěna podložka, ta vymezuje šířku ramene, aby nedošlo k jeho ohnutí a ke snížení tuhosti. Všechny čepy jsou opatřeny pojistným kroužkem, aby nedošlo k jeho vypadnutí z kloubu.



Obr. 7.4 Znázornění komponentů uvnitř upínky a) podložky a kluzné pouzdra,
b) pojistné kroužky

8 Schéma

Obr. 8.1 znázorňuje schéma komponentů, které je zapotřebí k pneumatické upínce zakoupit, aby se dala napojit na pneumatický obvod. Schéma se skládá z pneumatického válce (M1), který pohání celou upínku, rozváděč (S2), s ním se určuje, jestli se bude píst pneumatického válce vysouvat nebo zasouvat a poslední je rozvaděč (S1), který nám propouští stlačený vzduch.



M1 – Pneumatický motor

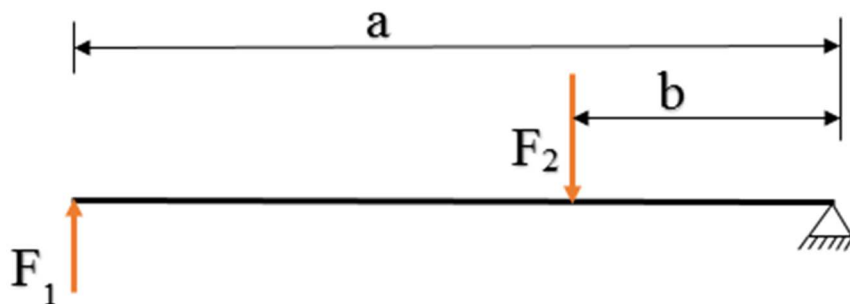
S2 – 4/2 rozvaděč

S1 – 3/2 rozvaděč

Obr. 8.1 Schéma zapojení pneumatického válce s rozvaděči

9 Výpočty

9.1 Výpočet síly působící na čep



Obr. 9.1 Působení sil na rameno se šroubem

$$a = 116 \text{ mm} \qquad F_1 \cdot a = F_2 \cdot b \rightarrow F_2 \qquad (1)$$

$$b = 29,7 \text{ mm}$$

$$F_1 = 1 \text{ kN} = 1000 \text{ N} \qquad F_2 = \frac{F_1 \cdot a}{b} = \frac{1000 \cdot 116}{29,7} \qquad (1)$$

$$F_2 = ?$$

$$(1)$$

$$F_2 = 3905,724 \cong 3906 \text{ N}$$

Na namáhaný čep působí síla 3906 N.

9.2 Výpočet čepu

Tab. 9.1 Dovolené napětí pro materiál 11 600

σ_{DO} – Dovolené napětí v ohybu	$\sigma_{DO} = 120 \text{ MPa}$
τ_D – Dovolené napětí v smyku	$\tau_D = 80 \text{ MPa}$
ρ_D – Dovolené napětí v otlacení	$\rho_D = 140 \text{ MPa}$

9.2.1 Z výpočtu na ohyb si vyjádříme průměr čepu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F_2}{2} \cdot \left(\frac{c}{2} + \frac{c}{2}\right)}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{16 \cdot F_2 \cdot c}{\pi \cdot d^3} \leq \sigma_{DO} \qquad (2)$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot F_2 \cdot c}{\pi \cdot \sigma_{DO}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 3906 \cdot 3}{\pi \cdot 120}} \qquad (2)$$

$$d \geq 7,923 \text{ mm}$$

Byl zvolen průměr čepu $d = 10 \text{ mm}$.

9.2.2 Výpočet čepu na smyk

$$\tau_{MAX} = \frac{4}{3} \cdot \frac{F_2}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{8 \cdot F_2}{3 \cdot \pi \cdot d^2} \leq \tau_D \quad (3)$$

$$\tau_{MAX} = \frac{8 \cdot 3906}{3 \cdot \pi \cdot 0,010^2} = 33,156 \text{ MPa} \quad (3)$$

Maximální napětí z tab. 8.1 je $\tau_{D0} = 80 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$

9.2.3 Výpočet čepu na otlačení

$$p_1 = \frac{\frac{F_2}{2}}{c \cdot d} \leq \rho_D \quad (4)$$

$$p_1 = \frac{\frac{3906}{2}}{3 \cdot 10} = \frac{1953}{30} \quad (4)$$

$$p_1 = 65,1 \text{ MPa} \quad (4)$$

Napětí dovolené na otlačení z tab. 8.1 je $\rho_D = 140 \text{ MPa} \rightarrow \text{vyhovuje}$

9.2.4 Výpočet maximální síly na čep o průměru $\varnothing 10$

Z výpočtu na ohyb (2) si vyjádříme sílu F_{2MAX}

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F_{2MAX}}{2} \cdot \left(\frac{c}{2} + \frac{c}{2}\right)}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{16 \cdot F_{2MAX} \cdot c}{\pi \cdot d^3} \leq \sigma_{D0}$$
$$F_{2MAX} = \frac{\sigma_{D0} \cdot \pi \cdot d^3}{16 \cdot c} = \frac{120000000 \cdot \pi \cdot 0,01^3}{16 \cdot 0,003}$$
$$F_{2MAX} = 7853,98 \text{ N}$$

Maximální působící síla na čep je $F_{2MAX} = 7853,98 \text{ N}$.

10 Náklady

Tab. 10.1 obsahuje všechny vyrobené komponenty z plechu, které se musí nechat vypálit na laseru a dále ohýbat na ohýbadle

Tab. 10.1 Ceny ohýbaných komponentů

Název	plech	Cena bez DPH		
		plechu	pálení	ohýbání
Základna	135x235x5	19,83	206,61	82,64
Tělo	130x80x3	6,61	247,93	165,28
Rameno	25x290x4	4,95	165,28	330,57
2x podložka	70x35x2	1,65	82,64	123,96
2x rameno doraz	90x35	2,47	165,28	247,93
Podpěra	60x60	2,47	165,28	82,64
celkem		2104,02		

Tab. 10.2 obsahuje komponenty, které se musí nechat vyrobít na soustruhu, popřípadě na CNC stroji. Pokud se jedná o kusovou výrobu, je lepší nechat komponenty vyrobít na soustruhu, z důvodu levnější ceny.

Tab. 10.2 Komponenty vyráběné na soustruhu a CNC fréze

Název	Polotovár	Cena bez DPH
		obrábění + polotovár
3x Kluzné pouzdro	ø12x22	247,93
2x Dim. podložka	ø20x7	165,28
4x čep	ø14x35	330,57
2x Podložka válce	ø16x10	165,28
Držák válce	65x75x20	826,44
Celkem		1735,5

Tab. 10.3 obsahuje komponenty, které se musí zakoupit. Jedná se o Pneumatický válec ADVU 40x65 a kloubovou hlavici.

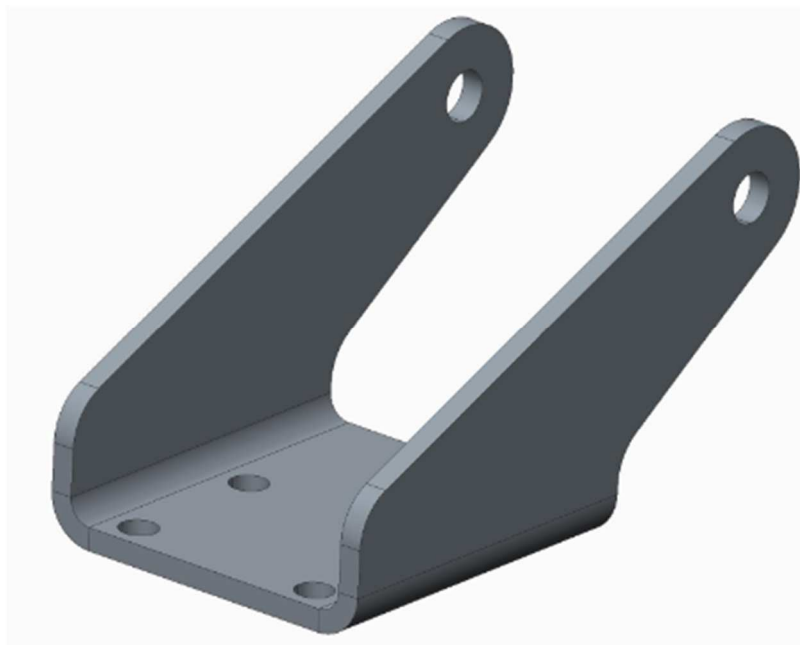
Tab. 10.3 Ceny nakupovaných komponentů

Název	Cena bez DPH
Pneumatický válec	1652,8
Kloubová hlavice	446,28
celkem	2099,08

Celková cena ze všech sečtených cen činí **5938,6 Kč** bez DPH což je 7186 Kč s DPH.

11 Technologický postup komponentů

11.1 Základna



Obr. 11.1 Základní část pneumatické upínky

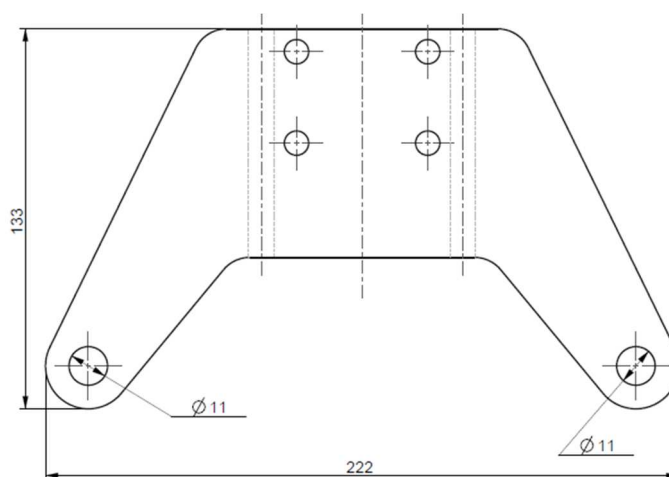
11.1.1 Volba materiálu

Nejdříve si musíme zvolit, z jakého plechu budeme danou součástku pálit. Pro dané účely se nejvíce hodí plech černý válcovaný za tepla. Je vyráběn dle ČSN v jakosti 11 523.

Tab. 11.1: Mechanické vlastnosti materiálu 11 523

Mez pevnosti R_m	550	[MPa]
Mez kluzu R_e	450	[MPa]
Modul pružnosti v tahu	$2,10^5$	[MPa]

Součást v rozvinutém tvaru má rozměry **133 x 222 mm** a její šířka je **5 mm** jak je vidět na obr. 11.2. Vezmeme-li v úvahu, že při vypalování potřebujeme aspoň **2mm** přesah, tak výsledná velikost plechu bude následující.



Obr. 11.2 Rozměry vypáleného komponentu

Výpočet požadovaného plechu pro vypálení komponentu.

$$\begin{array}{lll} L_1 = 133 \text{ mm} & L_{1v} = L_1 + 2 \cdot L_p = 133 + 4 & L_{1v} = 137 \quad [\text{mm}] \\ L_2 = 222 \text{ mm} & L_{2v} = L_2 + 2 \cdot L_p = 222 + 4 & L_{2v} = 226 \quad [\text{mm}] \\ L_p = 2 \text{ mm} & & \end{array}$$

Z výpočtu je zvolen plech o rozměrech 137 x 226 mm a o tloušťce 5 mm.

11.1.2 Volba typu pálení

Pálení laserovým CNC je díky rozvíjející technologii stále levnější a přitom stále přesnější a kvalitnější. Běžná tolerance pálení je 0,1mm a její řez je hladký. Maximální tloušťka oceli při pálení je 25mm a velikost 1,5 x 3,0 m.

Z těchto důvodů se volí pálení laserem.

11.1.3 Vrtání děr 13

Vrtat se bude díra Ø10 na průměr Ø13, která je znázorněna na obr. 11.2

11.1.4 Volba druhu ohýbání

Výrobní součást je potřeba ohnout o 90 stupňů na dvou symetrických stranách, při tomto procesu je zapotřebí zvolit **Ohyb ve tvaru U za studena**. Jedná se o tváření rovinné plochy v plochy různě vůči sobě orientované. [24] [25]

11.1.5 Volba stroje

Hydraulické lisy OMCN mají obecně ruční, nožní, pneumatický nebo elektrický pohon hydrauliky, jsou 1 nebo 2 rychlostní, mají různou velikost konstrukce rámu a tedy i pracovního prostoru. Na konci pístu je obvykle našroubována stavitelná lisovací hlavice, místo níž lze použít jiný přípravek. Jejich lisovací síla je od 6 do 300t. [26]

11.1.6 Volba nástroje

Nástroj je ohýbadlo tvaru U a jeho hlavní části jsou ohybník a ohybnice.

Zaoblení hran čelistí

Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti r_p ohýbacího nástroje je stejná jako poloměr ohýbané součásti **R**.

$$r_p = R$$

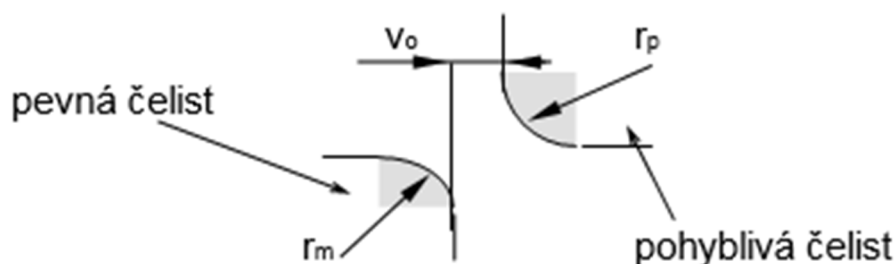
$$R = 10$$

Poloměr zaoblení pevné čelisti r_m ovlivňuje velikost ohýbací síly a jakost ohybu, volí se:

$$r_m = (2 \div 6)t$$

$$r_m = 3 \cdot 5 = 15$$

t..... tloušťka ohýbaného materiálu [mm]



Obr. 11.3 Znázornění poloměru pevné a pohyblivé čelisti a vŕle nástroje

Určení vŕle nástroje

Při ohybu do tvaru U závisí vŕle především na tloušťce polotovaru a na délce ramena l_0 , od středu poloměru ohybu k ohýbací hraně. **Součinitel tření ocel na ocel $c = 0,15$.**

$$v_0 = t + tc$$

$$v_0 = 5 + 5 \cdot 0,15 = 5,75$$

c..... součinitel vyjadřující vliv tření ohýbané součásti o [-]
pevnou čelist se zřetelem na délku ramena

Odpružení při ohybu U

Odpružení při ohybu U se vypočítá z následujícího vzorce

$$tg\beta = 0,75 \cdot \frac{l_m}{k \cdot t} \cdot \frac{R_e}{E} = 0,75 \cdot \frac{31}{0,62 \cdot 5} \cdot \frac{420}{210000}$$

$$tg\beta = 0,015 \rightarrow \beta = 0^\circ 51'$$

β	Úhel odpružení	[°]
l_m	Rameno ohybu	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
k	součinitel	[-]
t	Tloušťka materiálu	[mm]

Výpočet ramene ohybu l_m :

$$l_m = 1,2t + r_m + r_p = 1,2 \cdot 5 + 15 + 10$$

$$\mathbf{l_m = 31mm}$$

r_m	Poloměr zaoblení pevné čelisti	[mm]
r_p	Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti	[mm]

Výpočet součinitele k :

$$k = 1 - x = 1 - 0,38$$

$$\mathbf{k = 0,62}$$

$$\frac{R}{t} = \frac{10}{5} = 2 \rightarrow x = 0,38 \text{ (viz. Tab. 11.2)}$$

<i>Tabulka 11.2 Hodnoty koeficientu x</i>							
-----	R_m	R/t					
		-----	0,8	0,5	2	3	4
Součinitel x	Do 400 MPa	-----	0,4	0,44	0,45	0,46	0,47
	Nad 400 MPa	-----	---	0,37	0,38	0,4	0,42

Minimální a maximální poloměr ohybu

Minimální poloměr ohybu:

Poloměr, při jehož překročení dojde na vnější tahové straně ohybu k porušení materiálu.

$$R_{\min} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c_k \cdot t = 0,55 \cdot 5$$

$$R_{\min} = 2,75$$

t.....	tloušťka ohýbaného materiálu	[mm]
ε_c	mezí prodloužení	[mm]
c_k	koeficient	[-]

Tabu. 11.3 Hodnoty koeficientu c_k

měkká ocel:	$c_k = 0,5 \div 0,6$
měkká mosaz:	$c_k = 0,3 \div 0,4$
hliník:	$c_k = 0,35$
dural:	$c_k = 3 \div 6$
měkká měď:	$c_k = 0,25$

Hodnoty platící pro optimální povrch (bez rýh a mikrotrhlin) a pro příčný či podélný směr vláken.

Maximální poloměr ohybu:

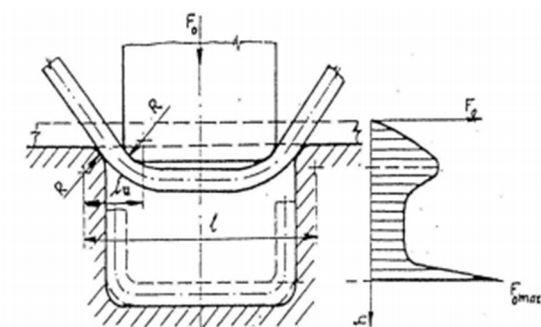
$$R_{\max} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) = \frac{5}{2} \cdot \left(\frac{210000}{420} - 1 \right)$$

$$R_{\max} = 1247,5 \text{ mm}$$

t.....	Tloušťka ohýbaného materiálu	[mm]
E.....	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
R_e	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]

Výpočet ohýbací síly a práce

Ohýbaná součást se považuje za nosník spočívající na dvou podporách ve vzdálenosti l zatíženého uprostřed silou F_0 . Ohýbací síla se zvětší třením součástí o funkční části ohýbadla až o $1/3 F_0$. Průběh ohýbací síly na dráze je uveden na Obr. 11.4.



Obr. 11.4 Průběh ohýbací síly na dráze

síla:

$$F_{ou} = (1 + 7f) \cdot \frac{b_p \cdot t^2 \cdot R_e}{R + t} = (1 + 7 \cdot 0,15) \cdot \frac{80 \cdot 5^2 \cdot 420}{10 + 5}$$

$$F_{ou} = 114800 \text{ N}$$

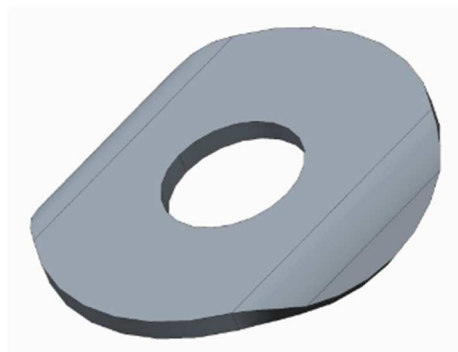
práce:

$$A_{ou} = \frac{2}{3} \cdot \frac{F_{ou} \cdot Z}{1000} = \frac{2}{3} \cdot \frac{114800 \cdot 40}{1000}$$

$$A_{ou} = 3061,333 \text{ J}$$

F_{ou}	Síla při ohýbání do tvaru U	[N]
A_{ou}	Práce při ohýbání do tvaru U	[J]
b_p	Šířka plechu	[mm]
R_e	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]
R	Poloměr ohybu	[mm]
Z	Potřebný zdvih	[mm]
f	Součinitel tření	[-]

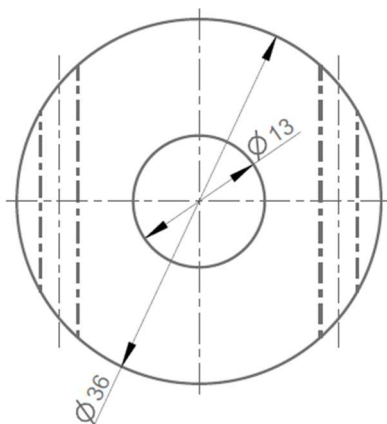
11.2 Podložka pod šroub



Obr. 11.5 Podložka pod šroub

11.2.1 Volba materiálu

Součást v rozvinutém tvaru má průměr **36mm** a její šířka je **2mm** jak je vidět na obr. 10.6. Vezmeme-li v úvahu, že při vypalování potřebujeme aspoň **2mm** přesah, tak výsledná velikost plechu bude následující.



Obr. 11.6 Rozměry vypálené podložky

$$L_1 = 36\text{mm}$$

$$L_{1v} = L_1 + 2 \cdot L_p = 36 + 4$$

$$L_{1v} = 40$$

Z výpočtu je zvolen plech o průměru 40 mm a o tloušťce 2 mm.

11.2.2 Volba typu pálení

- Pálení laserem.

11.2.3 Volba druhu ohýbání

Výrobní součást je potřeba ohnout o 45 stupňů na dvou symetrických stranách, při tomto procesu je zapotřebí zvolit **Ohyb ve tvaru U za studena**. Jedná se o tváření rovinné plochy v plochy různě vůči sobě orientované.

11.2.4 Volba stroje

Hydraulické lisy OMCN mají obecně ruční, nožní, pneumatický nebo elektrický pohon hydrauliky, jsou 1 nebo 2 rychlostní, mají různou velikost konstrukce rámu a tedy i pracovního prostoru. Na konci pístu je obvykle našroubována stavitelná lisovací hlavice, místo níž lze použít jiný přípravek. Jejich lisovací síla je od 6 do 300t.

11.2.5 Volba nástroje

Nástroj je ohýbadlo tvaru U a jeho hlavní části jsou ohybník a ohybnice.

Zaoblení hran čelistí

Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti r_p ohýbacího nástroje je stejná jako poloměr ohýbané součástí.

$$r_p = R$$

$$R = 4$$

Poloměr zaoblení pevné čelisti r_m ovlivňuje velikost ohýbací síly a jakost ohybu, volí se:

$$r_m = (2 \div 6)t$$

$$r_m = 3 \cdot 2 = 6$$

t..... tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

Určení vůle nástroje

Při ohybu do tvaru U závisí vůle především na tloušťce polotovaru a na délce ramena l_o , od středu poloměru ohybu k ohýbací hraně. **Součinitel tření ocel na ocel $c = 0,15$.**

$$v_o = t + tc$$

$$v_o = 2 + 2 \cdot 0,15 = 2,3$$

c součinitel vyjadřující vliv tření ohýbané součásti o [-]
pevnou čelist se zřetelem na délku ramena

Odpružení při ohybu U

$$tg\beta = 0,75 \cdot \frac{l_m}{k \cdot t} \cdot \frac{R_e}{E} = 0,75 \cdot \frac{12,4}{0,62 \cdot 2} \cdot \frac{420}{210000}$$

$$tg\beta = 0,015 \rightarrow \beta = 0^\circ 51'$$

β	Úhel odpružení	[°]
l_m	Rameno ohybu	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
k	součinitel	[-]
t	Tloušťka materiálu	[mm]

Výpočet ramene ohybu l_m :

$$l_m = 1,2t + r_m + r_p = 1,2 \cdot 2 + 6 + 4$$

$$l_m = 12,4\text{mm}$$

r_m	Poloměr zaoblení pevné čelisti	[mm]
r_p	Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti	[mm]

Výpočet součinitele k:

$$k = 1 - x = 1 - 0,38$$

$$\mathbf{k = 0,62}$$

$$\frac{R}{t} = \frac{4}{2} = 2 \rightarrow x = 0,38 \text{ (viz. Tab. 2)}$$

Minimální a maximální poloměr ohybu

Minimální poloměr ohybu:

Poloměr, při jehož překročení dojde na vnější tahové straně ohybu k porušení materiálu.

$$R_{\min} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c_k \cdot t = 0,55 \cdot 2$$

$$\mathbf{R_{\min} = 1,1}$$

t.....	tloušťka ohýbaného materiálu	[mm]
ε_c	mezní prodloužení	[mm]
c_k	koeficient	[-]

Hodnoty platící pro optimální povrch (bez rýh a mikrotrhlin) a pro příčný či podélný směr vláken.

Maximální poloměr ohybu:

$$R_{\max} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) = \frac{2}{2} \cdot \left(\frac{210000}{420} - 1 \right)$$

$$\mathbf{R_{\max} = 499 \text{ mm}}$$

t.....	Tloušťka ohýbaného materiálu	[mm]
E.....	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
R_e	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]

Výpočet ohýbací síly a práce

Ohýbaná součást se považuje za nosník spočívající na dvou podporách ve vzdálenosti l zatíženého uprostřed silou F_0 . Ohýbací síla se zvětší třením součástí o funkční části ohýbadla až o $1/3 F_0$. Průběh ohýbací síly na dráze je uveden na Obr. 11.4

síla:

$$F_{ou} = (1 + 7f) \cdot \frac{b_p \cdot t^2 \cdot R_e}{R + t} = (1 + 7 \cdot 0,15) \cdot \frac{36 \cdot 2^2 \cdot 420}{4 + 2}$$

$$F_{ou} = 20664 \text{ N}$$

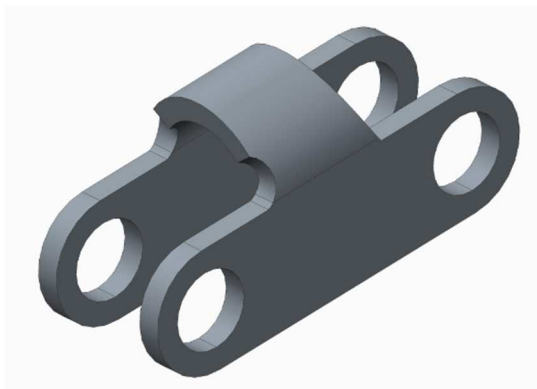
práce:

$$A_{ou} = \frac{2}{3} \cdot \frac{F_{ou} \cdot Z}{1000} = \frac{2}{3} \cdot \frac{20664 \cdot 4}{1000}$$

$$A_{ou} = 55,104 \text{ J}$$

F_{ou}	Síla při ohýbání do tvaru U	[N]
A_{ou}	Práce při ohýbání do tvaru U	[J]
b_p	Šířka plechu	[mm]
R_e	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]
R	Poloměr ohybu	[mm]
Z	Potřebný zdvih	[mm]
f	Součinitel tření	[-]

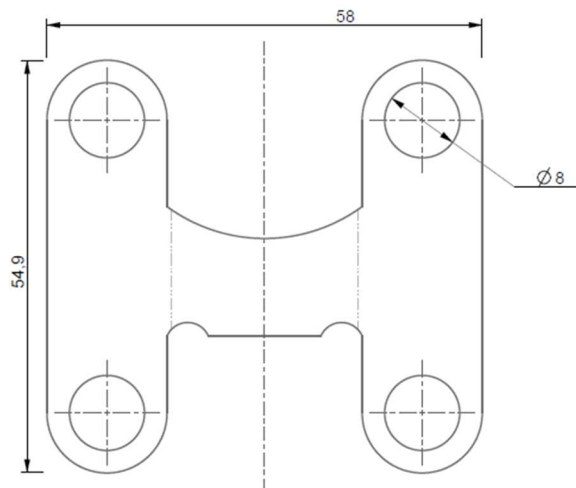
11.3 Podpěra



Obr. 11.7 Podpěra pneumatické upínky

11.3.1 Volba materiálu

Součást v rozvinutém tvaru má rozměry **58x55mm** a její šířka je 3mm, jak je vidět na obr. 10.8. Vezmeme-li v úvahu, že při vypalování potřebujeme aspoň **2mm** přesah, tak výsledná velikost plechu bude následující.



Obr. 11.8 Rozměry vypálené podpěry

$$L_1 = 58\text{mm}$$

$$L_{1v} = L_1 + 2 \cdot L_p = 58 + 4$$

$$L_{1v} = 62 \quad [\text{mm}]$$

$$L_2 = 55\text{mm}$$

$$L_{2v} = L_2 + 2 \cdot L_p = 55 + 4$$

$$L_{2v} = 59 \quad [\text{mm}]$$

$$L_p = 2\text{mm}$$

Z výpočtu je zvolen plech o rozměrech 62 x 59 mm a o tloušťce 3 mm.

11.3.2 Volba typu pálení

- **Pálení laserem.**

11.3.3 Vrtání děr 10

Vrtat se bude díra Ø8 na průměr Ø10, která je znázorněna na obr. 11.8

11.3.4 Volba druhu ohýbání

Výrobní součást je potřeba ohnout o 90 stupňů na dvou symetrických stranách, při tomto procesu je zapotřebí zvolit **Ohyb ve tvaru U za studena**.

Jedná se o tváření rovinné plochy v plochy různě vůči sobě orientované.

11.3.5 Volba stroje

Hydraulické lisy OMCN mají obecně ruční, nožní, pneumatický nebo elektrický pohon hydrauliky, jsou 1 nebo 2 rychlostní, mají různou velikost konstrukce rámu a tedy i pracovního prostoru. Na konci pístu je obvykle našroubována stavitelná lisovací hlavice, místo níž lze použít jiný přípravek. Jejich lisovací síla je od 6 do 300t.

11.3.6 Volba nástroje

Nástroj je ohýbadlo tvaru U a jeho hlavní části jsou ohybník a ohybnice.

Zaoblení hran čelistí

Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti r_p ohýbacího nástroje je stejná jako poloměr ohýbané součástí.

$$r_p = R$$

$$R = 6$$

Poloměr zaoblení pevné čelisti r_m ovlivňuje velikost ohýbací síly a jakost ohybu, volí se:

$$r_m = (2 \div 6)t$$

$$r_m = 3 \cdot 3 = 9$$

t..... tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

Určení vůle nástroje

Při ohybu do tvaru U závisí vůle především na tloušťce polotovaru a na délce ramena lo, od středu poloměru ohybu k ohýbací hraně. **Součinitel tření ocel na ocel $c = 0,15$.**

$$v_o = t + t_c$$

$$v_o = 3 + 3 \cdot 0,15 = 3,45$$

c..... součinitel vyjadřující vliv tření ohýbané součásti o [-]
pevnou čelist se zřetelem na délku ramena

Odpružení při ohybu U

$$tg\beta = 0,75 \cdot \frac{l_m}{k \cdot t} \cdot \frac{R_e}{E} = 0,75 \cdot \frac{18,6}{0,62 \cdot 3} \cdot \frac{420}{210000}$$

$$tg\beta = 0,015 \rightarrow \beta = 0^\circ 51'$$

β	Úhel odpružení	[°]
l_m	Rameno ohybu	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
k	součinitel	[-]
t	Tloušťka materiálu	[mm]

Výpočet ramene ohybu l_m :

$$l_m = 1,2t + r_m + r_p = 1,2 \cdot 3 + 9 + 6$$

$$\mathbf{l_m = 18,6mm}$$

r_m	Poloměr zaoblení pevné čelisti	[mm]
r_p	Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti	[mm]

Výpočet součinitele k:

$$k = 1 - x = 1 - 0,38$$

$$\mathbf{k = 0,62}$$

$$\frac{R}{t} = \frac{6}{3} = 2 \rightarrow x = 0,38 \text{ (viz. Tab. 11.2)}$$

Minimální a maximální poloměr ohybu

Minimální poloměr ohybu:

Poloměr, při jehož překročení dojde na vnější tahové straně ohybu k porušení materiálu.

$$R_{\min} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c_k \cdot t = 0,55 \cdot 3$$

$$R_{\min} = 1,65$$

t.....	tloušťka ohýbaného materiálu	[mm]
ε_c	mezní prodloužení	[mm]
c_k	koeficient	[-]:

Hodnoty platící pro optimální povrch (bez rýh a mikrotrhlin) a pro příčný či podélný směr vláken.

Maximální poloměr ohybu:

$$R_{\max} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{210000}{420} - 1 \right)$$

$$R_{\max} = 748,5 \text{ mm}$$

t.....	Tloušťka ohýbaného materiálu	[mm]
E.....	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
R_e	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]

Výpočet ohýbací síly a práce

Ohýbaná součást se považuje za nosník spočívající na dvou podporách ve vzdálenosti l zatíženého uprostřed silou F_0 . Ohýbací síla se zvětší třením součástí o funkční části ohýbadla až o $1/3 F_0$. Průběh ohýbací síly na dráze je uveden na Obr. 11.4

síla:

$$F_{ou} = (1 + 7f) \cdot \frac{b_p \cdot t^2 \cdot R_e}{R + t} = (1 + 7 \cdot 0,15) \cdot \frac{18 \cdot 3^2 \cdot 420}{6 + 3}$$

$$F_{ou} = 15498 \text{ N}$$

práce:

$$A_{ou} = \frac{2}{3} \cdot \frac{F_{ou} \cdot Z}{1000} = \frac{2}{3} \cdot \frac{15498 \cdot 27}{1000}$$

$$A_{ou} = 278,964 \text{ J}$$

F_{ou}	Síla při ohýbání do tvaru U	[N]
A_{ou}	Práce při ohýbání do tvaru U	[J]
b_p	Šířka plechu	[mm]
R_e	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]
R	Poloměr ohybu	[mm]
Z	Potřebný zdvih	[mm]
f	Součinitel tření	[-]

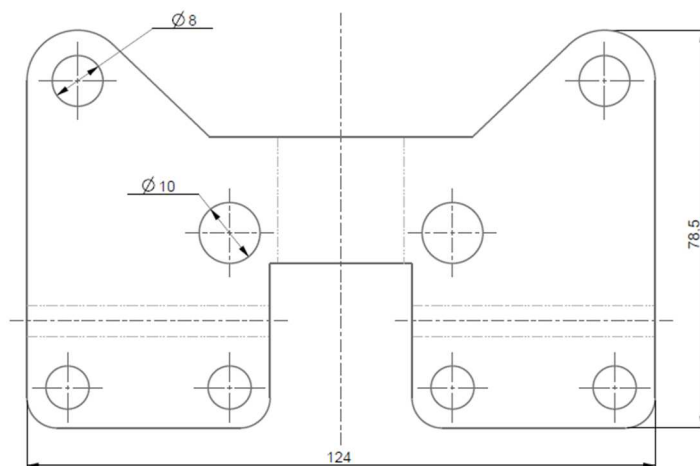
11.4 Tělo



Obr. 11.9 Tělo pneumatické upínky

11.4.1 Volba materiálu

Součást v rozvinutém tvaru má rozměry **124x78,4mm** a její šířka je 3mm, jak je vidět na obr. 10.10. Vezmeme-li v úvahu, že při vypalování potřebujeme aspoň **2mm** přesah, tak výsledná velikost plechu bude následující.



Obr. 11.10 Rozměry vypáleného těla

$$L_1 = 124\text{mm}$$

$$L_{1v} = L_1 + 2 \cdot L_p = 124 + 4$$

$$L_{1v} = 128 \quad [\text{mm}]$$

$$L_2 = 79\text{mm}$$

$$L_{2v} = L_2 + 2 \cdot L_p = 79 + 4$$

$$L_{2v} = 83 \quad [\text{mm}]$$

$$L_p = 2\text{mm}$$

Z výpočtu je zvolen plech o rozměrech 128 x 83 mm a o tloušťce 3 mm.

11.4.2 Volba typu pálení

- **Pálení laserem.**

11.4.3 Vrtání děr 10 a 12

Vrtat se bude díra Ø8 na průměr Ø10 a díra Ø10 na průměr Ø12, která je znázorněna na obr. 11.10

11.4.4 Volba druhu ohýbání

Výrobní součást je potřeba ohnout o 90 stupňů na dvou symetrických stranách, při tomto procesu je zapotřebí zvolit **Ohyb ve tvaru U za studena**.

Jedná se o tváření rovinné plochy v plochy různě vůči sobě orientované.

11.4.5 Volba stroje

Hydraulické lisy OMCN mají obecně ruční, nožní, pneumatický nebo elektrický pohon hydrauliky, jsou 1 nebo 2 rychlostní, mají různou velikost konstrukce rámu a tedy i pracovního prostoru. Na konci pístu je obvykle našroubována stavitelná lisovací hlavice, místo níž lze použít jiný přípravek. Jejich lisovací síla je od 6 do 300t.

11.4.6 Volba nástroje

Nástroj je ohýbadlo tvaru U a jeho hlavní části jsou ohybník a ohybnice.

Zaoblení hran čelistí

Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti r_p ohýbacího nástroje je stejná jako poloměr ohýbané součástí.

$$r_p = R$$

$$R = 7$$

Poloměr zaoblení pevné čelisti r_m ovlivňuje velikost ohýbací síly a jakost ohybu, volí se:

$$r_m = (2 \div 6)t$$

$$r_m = 3 \cdot 3 = 9$$

t..... tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

Určení vůle nástroje

Při ohybu do tvaru U závisí vůle především na tloušťce polotovaru a na délce ramena lo, od středu poloměru ohybu k ohýbací hraně. **Součinitel tření ocel na ocel $c = 0,15$.**

$$v_o = t + t_c$$

$$v_o = 3 + 3 \cdot 0,15 = 3,45$$

c..... součinitel vyjadřující vliv tření ohýbané součásti o [-]
pevnou čelist se zřetelem na délku ramena

Odpružení při ohybu U

$$tg\beta = 0,75 \cdot \frac{l_m}{k \cdot t} \cdot \frac{R_e}{E} = 0,75 \cdot \frac{19,6}{0,62 \cdot 3} \cdot \frac{420}{210000}$$

$$tg\beta = 0,0158 \rightarrow \beta = 0^\circ 54'$$

β	Úhel odpružení	[°]
l_m	Rameno ohybu	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
k	součinitel	[-]
t	Tloušťka materiálu	[mm]

Výpočet ramene ohybu l_m :

$$l_m = 1,2t + r_m + r_p = 1,2 \cdot 3 + 9 + 7$$

$$l_m = 19,6\text{mm}$$

r_m	Poloměr zaoblení pevné čelisti	[mm]
r_p	Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti	[mm]

Výpočet součinitele k:

$$k = 1 - x = 1 - 0,38$$

$$\mathbf{k = 0,62}$$

$$\frac{R}{t} = \frac{7}{3} = 2,333 \rightarrow x = 0,38 \text{ (viz. Tab. 11.2)}$$

Minimální a maximální poloměr ohybu

Minimální poloměr ohybu:

Poloměr, při jehož překročení dojde na vnější tahové straně ohybu k porušení materiálu.

$$R_{\min} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c_k \cdot t = 0,55 \cdot 3$$

$$\mathbf{R_{\min} = 1,65}$$

t..... tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

ε_c mezní prodloužení [mm]

c_k koeficient [-]

Hodnoty platící pro optimální povrch (bez rýh a mikrotrhlin) a pro příčný či podélný směr vláken.

Maximální poloměr ohybu:

$$R_{\max} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{210000}{420} - 1 \right)$$

$$\mathbf{R_{\max} = 748,5 \text{ mm}}$$

t..... Tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

E..... Modul pružnosti v tahu [MPa]

R_e Mez pevnosti v kluzu [MPa]

Výpočet ohýbací síly a práce

Ohýbaná součást se považuje za nosník spočívající na dvou podporách ve vzdálenosti l zatíženého uprostřed silou F_0 . Ohýbací síla se zvětší třením součástí o funkční části ohýbadla až o $1/3 F_0$. Průběh ohýbací síly na dráze je uveden na Obr. 11.4

síla:

$$F_{ou} = (1 + 7f) \cdot \frac{b_p \cdot t^2 \cdot R_e}{R + t} = (1 + 7 \cdot 0,15) \cdot \frac{25 \cdot 3^2 \cdot 420}{7 + 3}$$

$$F_{ou} = 19372,5 \text{ N}$$

práce:

$$A_{ou} = \frac{2}{3} \cdot \frac{F_{ou} \cdot Z}{1000} = \frac{2}{3} \cdot \frac{19372,5 \cdot 50}{1000}$$

$$A_{ou} = 645,75 \text{ J}$$

F_{ou}	Síla při ohýbání do tvaru U	[N]
A_{ou}	Práce při ohýbání do tvaru U	[J]
b_p	Šířka plechu	[mm]
R_e	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]
R	Poloměr ohybu	[mm]
Z	Potřebný zdvih	[mm]
f	Součinitel tření	[-]

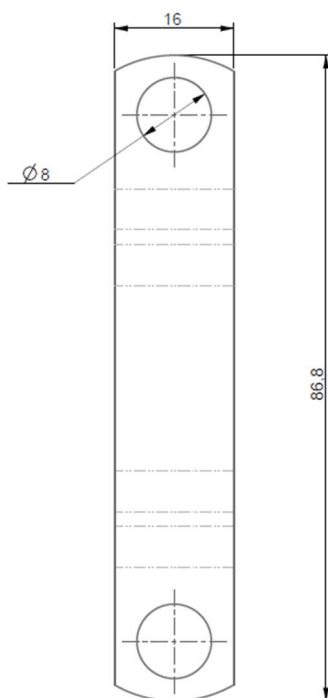
11.5 Rameno doraz



Obr. 11.11 Rameno doraz pneumatické upínky

11.5.1 Volba materiálu

Součást v rozvinutém tvaru má rozměry **84.8x16mm** a její tloušťce 3mm, jak je vidět na obr. 10.10. Vezmeme-li v úvahu, že při vypalování potřebujeme aspoň **2mm** přesah, tak výsledná velikost plechu bude následující.



Obr. 11.12 Rozměry vypáleného ramene dorazu

$$L_1 = 87\text{mm}$$

$$L_{1v} = L_1 + 2 \cdot L_p = 87 + 4$$

$$L_{1v} = 91 \quad [\text{mm}]$$

$$L_2 = 16\text{mm}$$

$$L_{2v} = L_2 + 2 \cdot L_p = 16 + 4$$

$$L_{2v} = 20 \quad [\text{mm}]$$

$$L_p = 2\text{mm}$$

Z výpočtu je zvolen plech o rozměrech 91 x 20 mm a o tloušťce 3 mm.

11.5.2 Volba typu pálení

- **Pálení laserem.**

11.5.3 Vrtání děr 10

Vrtat se bude díra Ø8 na průměr Ø10, která je znázorněna na obr. 11.12

11.5.4 Volba druhu ohýbání

Výrobní součást je potřeba ohnout o 90 stupňů na dvou symetrických stranách, při tomto procesu je zapotřebí zvolit **Ohyb ve tvaru U za studena.**

Jedná se o tváření rovinné plochy v plochy různě vůči sobě orientované.

11.5.5 Volba stroje

Hydraulické lisy OMCN mají obecně ruční, nožní, pneumatický nebo elektrický pohon hydrauliky, jsou 1 nebo 2 rychlostní, mají různou velikost konstrukce rámu a tedy i pracovního prostoru. Na konci pístu je obvykle našroubována stavitelná lisovací hlavice, místo níž lze použít jiný přípravek. Jejich lisovací síla je od 6 do 300t.

11.5.6 Volba nástroje

Nástroj je ohýbadlo tvaru U a jeho hlavní části jsou ohybník a ohybnice.

Zaoblení hran čelistí

Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti r_p ohýbacího nástroje je stejná jako poloměr ohýbané součástí.

$$r_p = R$$

$$R = 6$$

Poloměr zaoblení pevné čelisti r_m ovlivňuje velikost ohýbací síly a jakost ohybu, volí se:

$$r_m = (2 \div 6)t$$

$$r_m = 3 \cdot 3 = 9$$

t..... tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

Určení vůle nástroje

Při ohybu do tvaru U závisí vůle především na tloušťce polotovaru a na délce ramena lo, od středu poloměru ohybu k ohýbací hraně. **Součinitel tření ocel na ocel $c = 0,15$.**

$$v_o = t + tc$$

$$v_o = 3 + 3 \cdot 0,15 = 3,45$$

c..... součinitel vyjadřující vliv tření ohýbané součásti o [-]
pevnou čelist se zřetelem na délku ramena

Odpružení při ohybu U

$$tg\beta = 0,75 \cdot \frac{l_m}{k \cdot t} \cdot \frac{R_e}{E} = 0,75 \cdot \frac{18,6}{0,62 \cdot 3} \cdot \frac{420}{210000}$$

$$tg\beta = 0,015 \rightarrow \beta = 0^\circ 51'$$

β	Úhel odpružení	[°]
l_m	Rameno ohybu	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
k	součinitel	[-]
t	Tloušťka materiálu	[mm]

Výpočet ramene ohybu l_m :

$$l_m = 1,2t + r_m + r_p = 1,2 \cdot 3 + 9 + 6$$

$$l_m = 18,6 \text{ mm}$$

r_m	Poloměr zaoblení pevné čelisti	[mm]
r_p	Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti	[mm]

Výpočet součinitele k:

$$k = 1 - x = 1 - 0,38$$

$$\mathbf{k = 0,62}$$

$$\frac{R}{t} = \frac{6}{3} = 2 \rightarrow x = 0,38 \text{ (viz. Tab. 11.2)}$$

Minimální a maximální poloměr ohybu

Minimální poloměr ohybu:

Poloměr, při jehož překročení dojde na vnější tahové straně ohybu k porušení materiálu.

$$R_{\min} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c_k \cdot t = 0,55 \cdot 3$$

$$\mathbf{R_{\min} = 1,65}$$

t	tloušťka ohýbaného materiálu	[mm]
ε_c	mezní prodloužení	[mm]
c_k	koeficient	[-]

Hodnoty platící pro optimální povrch (bez rýh a mikrotrhlin) a pro příčný či podélný směr vláken.

Maximální poloměr ohybu:

$$R_{\max} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) = \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{210000}{420} - 1 \right)$$

$$\mathbf{R_{\max} = 748,5 \text{ mm}}$$

t.....	Tloušťka ohýbaného materiálu	[mm]
E.....	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
Re.....	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]

Výpočet ohýbací síly a práce

Ohýbaná součást se považuje za nosník spočívající na dvou podporách ve vzdálenosti l zatíženého uprostřed silou F₀. Ohýbací síla se zvětší třením součástí o funkční části ohýbadla až o 1/3 F₀. Průběh ohýbací síly na dráze je uveden na Obr. 11.4

síla:

$$F_{ou} = (1 + 7f) \cdot \frac{b_p \cdot t^2 \cdot R_e}{R + t} = (1 + 7 \cdot 0,15) \cdot \frac{16 \cdot 3^2 \cdot 420}{6 + 3}$$

$$F_{ou} = 13776 \text{ N}$$

práce:

$$A_{ou} = \frac{2}{3} \cdot \frac{F_{ou} \cdot Z}{1000} = \frac{2}{3} \cdot \frac{13776 \cdot 10}{1000}$$

$$A_{ou} = 91,84 \text{ J}$$

F _{ou}	Síla při ohýbání do tvaru U	[N]
A _{ou}	Práce při ohýbání do tvaru U	[J]
b _p	Šířka plechu	[mm]
R _e	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]
R.....	Poloměr ohybu	[mm]
Z.....	Potřebný zdvih	[mm]
f.....	Součinitel tření	[-]

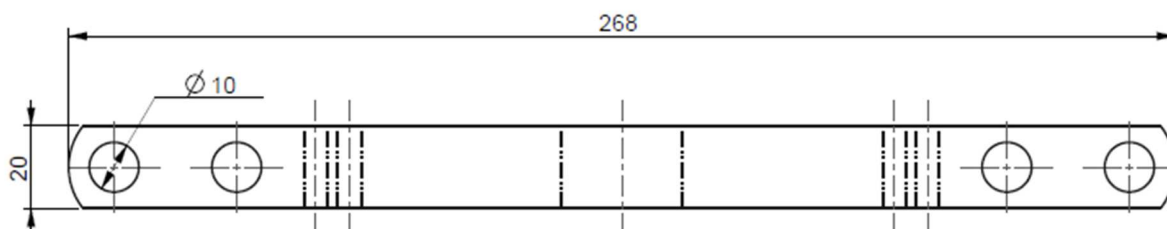
11.6 Rameno se šroubem



Obr. 11.13 Rameno se šroubem pneumatické upínky

11.6.1 Volba materiálu

Součást v rozvinutém tvaru má rozměry **283,9x20mm** a její tloušťce 4mm, jak je vidět na obr. 10.10. Vezmeme-li v úvahu, že při vypalování potřebujeme aspoň **2mm** přesah, tak výsledná velikost plechu bude následující.



Obr. 11.14 Rozměry vypáleného ramene se šroubem

$$L_1 = 268\text{mm}$$

$$L_{1v} = L_1 + 2 \cdot L_p = 268 + 4$$

$$L_{1v} = 272 \quad [\text{mm}]$$

$$L_2 = 20\text{mm}$$

$$L_{2v} = L_2 + 2 \cdot L_p = 20 + 4$$

$$L_{2v} = 24 \quad [\text{mm}]$$

$$L_p = 2\text{mm}$$

Z výpočtu je zvolen plech o rozměrech 272 x 24 mm a o tloušťce 4 mm.

11.6.2 Volba typu pálení

- **Pálení laserem.**

11.6.3 Vrtání děr 12

Vrtat se bude díra Ø10, která je znázorněna na obr. 11.14

11.6.4 Volba druhu ohýbání

Výrobní součást je potřeba ohnout o 90 stupňů na dvou symetrických stranách, při tomto procesu je zapotřebí zvolit **Ohyb ve tvaru U za studena.**

Jedná se o tváření rovinné plochy v plochy různě vůči sobě orientované.

11.6.5 Volba stroje

Hydraulické lisy OMCN mají obecně ruční, nožní, pneumatický nebo elektrický pohon hydrauliky, jsou 1 nebo 2 rychlostní, mají různou velikost konstrukce rámu a tedy i pracovního prostoru. Na konci pístu je obvykle našroubována stavitelná lisovací hlavice, místo níž lze použít jiný přípravek. Jejich lisovací síla je od 6 do 300t.

11.6.6 Volba nástroje

Nástroj je ohýbadlo tvaru U a jeho hlavní části jsou ohybník a ohybnice.

Zaoblení hran čelistí

Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti r_p ohýbacího nástroje je stejná jako poloměr ohýbané součástí.

$$r_p = R$$

$$R = 8$$

Poloměr zaoblení pevné čelisti r_m ovlivňuje velikost ohýbací síly a jakost ohybu, volí se:

$$r_m = (2 \div 6)t$$

$$r_m = 3 \cdot 4 = 12$$

t..... tloušťka ohýbaného materiálu [mm]

Určení vůle nástroje

Při ohybu do tvaru U závisí vůle především na tloušťce polotovaru a na délce ramena lo, od středu poloměru ohybu k ohýbací hraně. **Součinitel tření ocel na ocel $c = 0,15$.**

$$v_o = t + tc$$

$$v_o = 4 + 4 \cdot 0,15 = 4,6$$

c..... součinitel vyjadřující vliv tření ohýbané součásti o [-]
pevnou čelist se zřetelem na délku ramena

Odpružení při ohybu U

$$tg\beta = 0,75 \cdot \frac{l_m}{k \cdot t} \cdot \frac{R_e}{E} = 0,75 \cdot \frac{18,6}{0,62 \cdot 3} \cdot \frac{420}{210000}$$

$$tg\beta = 0,015 \rightarrow \beta = 0^\circ 51'$$

β	Úhel odpružení	[°]
l_m	Rameno ohybu	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
k	součinitel	[-]
t	Tloušťka materiálu	[mm]

Výpočet ramene ohybu l_m :

$$l_m = 1,2t + r_m + r_p = 1,2 \cdot 4 + 12 + 8$$

$$l_m = 24,8\text{mm}$$

r_m Poloměr zaoblení pevné čelisti [mm]

r_p Poloměr zaoblení pohyblivé čelisti [mm]

Výpočet součinitele k:

$$k = 1 - x = 1 - 0,38$$

$$k = 0,62$$

$$\frac{R}{t} = \frac{8}{4} = 2 \rightarrow x = 0,38 \text{ (viz. Tab. 11.2)}$$

Minimální a maximální poloměr ohybu

Minimální poloměr ohybu:

Poloměr, při jehož překročení dojde na vnější tahové straně ohybu k porušení materiálu.

$$R_{\min} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_c} - 1 \right) = c_k \cdot t = 0,55 \cdot 4$$

$$R_{\min} = 2,2$$

t.....	tloušťka ohýbaného materiálu	[mm]
ε_c	mezní prodloužení	[mm]
c_k	koeficient	[-]:

Hodnoty platící pro optimální povrch (bez rýh a mikrotrhlin) a pro příčný či podélný směr vláken.

Maximální poloměr ohybu:

$$R_{\max} = \frac{t}{2} \cdot \left(\frac{E}{R_e} - 1 \right) = \frac{4}{2} \cdot \left(\frac{210000}{420} - 1 \right)$$

$$R_{\max} = 998 \text{ mm}$$

t.....	Tloušťka ohýbaného materiálu	[mm]
E.....	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
R_e	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]

Výpočet ohýbací síly a práce

Ohýbaná součást se považuje za nosník spočívající na dvou podporách ve vzdálenosti l zatíženého uprostřed silou F_0 . Ohýbací síla se zvětší třením součástí o funkční části ohýbadla až o $1/3 F_0$. Průběh ohýbací síly na dráze je uveden na Obr. 11.4

síla:

$$F_{ou} = (1 + 7f) \cdot \frac{b_p \cdot t^2 \cdot R_e}{R + t} = (1 + 7 \cdot 0,15) \cdot \frac{20 \cdot 4^2 \cdot 420}{8 + 4}$$

$$F_{ou} = 22960 \text{ N}$$

práce:

$$A_{ou} = \frac{2}{3} \cdot \frac{F_{ou} \cdot Z}{1000} = \frac{2}{3} \cdot \frac{22960 \cdot 10}{1000}$$

$$A_{ou} = 153,0667 \text{ J}$$

F_{ou}	Síla při ohýbání do tvaru U	[N]
A_{ou}	Práce při ohýbání do tvaru U	[J]
b_p	Šířka plechu	[mm]
R_e	Mez pevnosti v kluzu	[MPa]
R	Poloměr ohybu	[mm]
Z	Potřebný zdvih	[mm]
f	Součinitel tření	[-]

12 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a zkonstruovat pneumatickou upínku. Součástí bylo provedení analýzy současných upínek, návrh několika variant řešení, výběr optimální varianty a její zpracování do úrovně technické dokumentace a to včetně potřebných výpočtů. Na závěr pak vypracování cenové kalkulace pro navrženou upínku s technologickým postupem.

Na základě analýzy současných upínek byl stanoven požadavkový list. Na základě těchto požadavků byly navrženy tři varianty řešení. Varianty byly porovnány pomocí metody hodnotové analýzy a byla zvolena optimální varianta. Jako nejméně vyhovující varianta byla vyhodnocena varianta B. Ta neobstála z důvodu složitějšího upínání ke stolu a větších rozměrů. Na druhém místě skončila varianta C. Měla příznivou hmotnost, rozměry i jednoduchost komponentů na výrobu, ale menší využití v praxi. Jako optimální varianta vyšla varianta A.

Varianta se dále upravovala do finální podoby. Z výpočtů na ohyb, smyk a otláčení byl vybrán čep. Dále se stanovila maximální zátěžová síla, která může působit na čep.

V závěru práce byl proveden technologický postup výroby všech komponentů, ze kterých se pneumatická upínka skládá a náklady na výrobu.

Hmotnost pneumatické upínky je 1,6 kg. Celková orientační cena se vyšplhala na 5938,6 Kč bez DPH což je 7186 Kč s DPH.

13 Použitá literatura

- [1] dsczech.cz. 2010-2016. D-S-C Czech Technology, s.r.o. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://dsczech.cz/manualne-upinace-vyber>
- [2] hoffmann-group.com. 2016. Hoffmann Group Tools to make you better. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/Up%C3%ADnac%C3%AD-technika/Up%C3%ADnac%C3%AD-prvky/Staviteln%C3%A1-up%C3%ADnka-10-mm/p/370680>
- [3] nakol.cz. 2016. NAKOL s.r.o. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.nakol.cz/upinka-kloubova-horizontalni-30-kg-atl4432020k-cromwell>
- [4] exactec.com. 2016. EXACTEC WEB TOUR. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.exactec.com/destaco/index.php/workholding/elektricke-upinace>
- [5] exactec.com. 2012. DE-STA-CO. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.exactec.com/destaco/images/pdf/DESTACO_Workholding/Elektricke_upinace/98W_Electric_Pivot_Unit.pdf
- [6] exactec.com. 2016. EXACTEC WEB TOUR. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.exactec.com/destaco/index.php/workholding/hydraulicke-upinace>
- [7] directindustry.com. 2016. All rights reserved. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/vektek/product-16700-62027.html>
- [8] dsczech.cz. 2010-2016. D-S-C Czech Technology, s.r.o. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://dsczech.cz/destaco/hydraulicke-cerpadla-prevodniky-konvektory-rozdelovace>
- [9] dsczech.cz. 2010-2016. D-S-C Czech Technology, s.r.o. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://dsczech.cz/destaco/hydraulicke-valce-01>
- [10] exactec.com. 2016. EXACTEC WEB TOUR. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.exactec.com/destaco/index.php/workholding/pneumaticke-upinky>
- [11] exactec.com. 2012. DE-STA-CO. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.exactec.com/destaco/images/pdf/DESTACO_Workholding/Pneumaticke_upinky/10-Pneumatic-Clamps.pdf

- [12] Cz.all.biz. 2010-2016. All.Biz Ltd and licensors. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.cz.all.biz/pneumaticke-upinky-g9846#.Vy9184SLRxA>
- [13] dsczech.cz. 2010-2016. D-S-C Czech Technology, s.r.o. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://dsczech.cz/destaco/pneumaticke-otocne-upinace>
- [14] directindustry.com. 2016. All rights reserved. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/clamptek-enterprise-co-ltd-63369.html>
- [15] prnewswire.com. 2016. PR Newswire Association LLC. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.prnewswire.com/news-releases/compact-new-de-sta-co-8700-series-pneumatic-lever-clamp-is-the-right-clamp-for-tight-spaces-278403461.html>
- [16] exactec.com. 2012. DE-STA-CO. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.exactec.com/destaco/images/pdf/DESTACO_Workholding/Pneumaticke_upinky/14-Power-Cylinders.pdf
- [17] hankison.cz. 2016. Joomla SEO powered by JoomSEF. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.hankison.cz/proc-upravovat-stlaceny-vzduch>
- [18] kiwiki.info. 2016. GOOGLE+. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.kiwiki.info/index.php/Pneumatick%C3%A9_prvky
- [19] festo.com. 2016. FESTO. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: https://www.festo.com/cms/cs_cz/54375.htm
- [20] parker.cz. 2014. Parker Hannifin. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.parker.cz/produkty/pneumatika/jednotky-na-upravu-vzduchu/>
- [21] Pneumaticke-prvky.cz. 2016. INTRATECH. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.pneumaticke-prvky.cz/maznice-stlaceneho-vzduchu-serie-hze-l>
- [22] Tuning.as. 2009. Tuning.as. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.tuning.as/cz/sportovni-vzduchove-filtry-tuning-filtry/>
- [23] Eva.cz. 1991-2016. Zásobování a.s. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <https://www.eva.cz/zbozi/60496/regulator-tlaku-s-manometrem-extol-premium/?gclid=COiEmp2Iy8wCFe8W0wodZmwBiQ>
- [24] 4ms-matura.wz.cz. 2016. Ohýbání.pdf. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.4ms-matura.wz.cz/files/oh%C3%BDb%C3%A1n%C3%AD.pdf>

- [25] Ksp.tul.cz. 2016. Technická univerzita Liberec. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm
- [26] Retry.cz. 2016. RETRY profi machinery s.r.o. [online]. [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.retry.cz/Ceniky/www.retry.cz%2009-Dilenske%20lisy%20OMCN.pdf>

14 Seznam příloh

Výkresové dokumentace

- Sestavný výkres upínky
- Podsestavný výkres ramene
- Podsestavný výkres těla
- Výrobní výkresy všech komponentů
- Technologický postup
- Výrobní výkresy pro CNC laser

Přiložené DVD:

Obsahuje:

- Výkresovou dokumentaci v programu Creo Parametric 2.0
- 3D model optimální varianty v programu Creo Parametric 2.0
- Bakalářskou práci.pdf
- Technologický postup.pdf